

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологии

Кафедра горных машин и комплексов

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.В. Гилёв  
подпись      инициалы, фамилия  
«\_\_» июня 2016г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.02 – Технологические машины и оборудования  
код – наименование направления

Разработка конструкции гомогенизатора дисперсных гидросмесей  
тема

Руководитель \_\_\_\_\_ ст. преподаватель А. Ю. Стовманенко  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_ А. С. Иванов  
подпись, дата      инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологии

Кафедра горных машин и комплексов

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ А.В. Гилёв  
подпись    инициалы, фамилия  
«\_\_» июня 2016 г

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту Иванову Александру Сергеевичу

Группа ММ 12-16, направление (специальность) 15.03.02.

Технологические машины и оборудование.

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка конструкции гомогенизатора дисперсных гидросмесей.

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от

\_\_\_\_\_  
Руководитель ВКР А. Ю. Стовманенко, ст. преподаватель.

Задание на ВКР: Провести литературный и патентный поиск существующих конструкций гомогенизаторов гидросмесей. Разработать конструкцию трубного проточного гомогенизатора, создать лабораторную установку, провести её испытания.

Перечень разделов ВКР: введение; реология мелкодисперсных систем; устройства для управления реологическими параметрами дисперсных гидросмесей; установка для гомогенизации пульпы; эксплуатация и ремонт металлургического оборудования; экономическая часть; заключение; список использованных источников.

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_  
подпись

А. Ю. Стовманенко

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
подпись

А. С. Иванов

инициалы и фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1 Реология мелкодисперсных систем .....	6
1.1 Условия транспортабельности и критическая скорость транспортирования.....	12
2 Устройства для управления реологическими параметрами дисперсных гидросмесей .....	24
2.1 Смеситель-гомогенизатор .....	32
2.2 Роторно-дисковый гомогенизатор .....	34
2.3 Центробежный гомогенизатор .....	37
3 Установка для гомогенизации пульпы .....	39
3.1 Принцип работы трубного гомогенизатора.....	39
3.2 Изучение характеристик трубного гомогенизатора.....	40
4 Эксплуатация и ремонт металлургического оборудования .....	45
4.1 Выбор насоса гидротранспорта .....	45
4.2 Выбор необходимого количества оборудования .....	47
4.3 Определение количества и видов технических обслуживаний и ремонтов .....	49
4.4 Организация ремонтных работ .....	59
4.5 Расчет численности ремонтного персонала .....	60
4.6 Расчет станочного оборудования .....	63
4.7 Проектирование ремонтной базы .....	64
5 Экономическая часть .....	71
5.1 Сетевая модель выполнения работ .....	71
Заключение .....	73
Список литературы .....	74
Приложение А .....	76
Приложение Б .....	82

## **ВВЕДЕНИЕ**

Главной задачей в современных условиях является улучшение качества продукции и дальнейший рост промышленного производства. Решение этой задачи возможно, как за счет совершенствования и оптимизации существующих технологических процессов, так и с помощью разработки новых типов производственного оборудования.

Широкое распространение трубопроводного транспорта в горно-металлургическом комплексе обуславливает актуальность исследований в направлении изучения условий движения гидросмесей в различных производственных системах. С учетом увеличения расстояний транспортирования и нестабильности характеристик, транспортируемых гидросмесей необходимо поддерживать заданные параметры на всем этапе транспортирования и максимально снизить изменения, которые повлекут снижение качества выполняемой задачи вследствие того, что транспортирование вязкопластичных сред имеет проблемы, связанные с их доставкой до следующего этапа производства.

Целью данной дипломной работы является изучение проблемы транспортирования по трубопроводу неньютоновских жидких сред, рассмотрение решений по повышению эффективности транспортирования сложноструктурированных тонкодисперсных смесей путем активации потока энергией потока.

Для этих целей предполагается создание лабораторной установки и опытного образца гомогенизатора жидких сред бесприводного типа с целью получения основных характеристик работы - статического, динамического и полного напора, расхода и реологической картины течения жидкости.

## 1 РЕОЛОГИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

**Гомогенизация** — технологический процесс, производимый над двух или многофазной системой в ходе которого уменьшается степень неоднородности распределения химических веществ и фаз по объёму гетерофазной системы. Следует различать понятия гомогенизации и диспергирования. При гомогенизации необязательно производится дробление дисперсной фазы (например, при смешивании порошкообразных твёрдых веществ). Напротив, при диспергировании гетерофазная система обычно одновременно и гомогенизируется.

В ходе гомогенизации могут получаться как устойчивые, так и неустойчивые гетерофазные системы. Когда это возможно и необходимо, в гетерофазные системы вводятся стабилизирующие вещества (например, аммиачный буфер при получении микрокристаллического гидроксиапатита). Хотя термин "гомогенизация" обычно употребляется относительно процессов смешивания взаимно взаимно-нерастворимых веществ, например, таких как (вода-масло, этиловый спирт-ртуть), однако, гомогенизации могут подвергаться и смеси твёрдых порошков (сухая строительная смесь), и смеси взаимно-растворимых компонентов, особенно, когда по каким либо причинам скорость растворения замедлена. Термин «гомогенизация» также используется в разделе строительной механики сопротивление материалов для расчета композитных материалов, например, каменной кладки, которая состоит из кладочных элементов (кирпичей, камней, блоков) и строительного раствора. При гомогенизации композитный материал заменяется условно однородным (гомогенным), физические характеристики которого интегрально совпадают с реальным материалом.

Системы с жидкой и твердой дисперсионной средой, как и все другие конденсированные системы, обладают определенными механическими свойствами — вязкостью, во многих случаях пластичностью, упругостью и прочностью. Эти свойства связаны со структурой подобных систем, поэтому их часто называют структурно-механическими свойствами. Эти свойства называют еще реологическими, так как учение о течении различных тел или, в более общем виде, о процессах деформации, развивающихся во времени, носит название реологии.

Все дисперсные системы можно разделить на свободнодисперсные и связнодисперсные системы. Если дисперсионной средой является жидкость, то могут быть и переходные системы, отдельные частицы которых связаны друг с другом в рыхлые агрегаты, но не образуют сплошной структуры (структурированные жидкости). Очевидно, подобные агрегаты можно рассматривать как обрывки пространственной сетки, которая по тем или иным причинам не получила полного развития.

На тип системы весьма существенное влияние оказывает концентрация дисперсной фазы. В свободнодисперсных системах концентрация дисперсной фазы не может быть очень большой, так как в противном случае неизбежно возникал бы контакт между отдельными частицами. В результате образовывались бы пространственные сетки или, по крайней мере, объем системы заполнялся настолько частицами дисперсной фазы, что свободное перемещение частиц по отношению друг к другу было бы невозможно. Понятно, что при введении в систему стабилизатора, препятствующего сближению частиц, а следовательно, и проявлению молекулярных сил между частицами, можно значительно увеличивать критическую концентрацию, при которой возникают связи между элементами структурной сетки, т. е. концентрацию, отвечающую достаточно высокой прочности или структурной вязкости системы.

В связнодисперсных системах концентрация дисперсной фазы может достигать очень больших значений. Однако следует отметить, что эти системы могут получаться и при очень малых концентрациях дисперсной фазы. Та или иная структура коллоидной системы придает ей определенные реологические свойства.

Из-за несвязанности друг с другом отдельных частиц в свободнодисперсных системах эти системы проявляют способность к вязкому течению, т. е. к непрерывному изменению своей формы во времени под влиянием даже очень малых напряжений сдвига. При этом течение этих систем качественно обычно подчиняется тем же закономерностям, что и течение чистой дисперсионной среды. Количественные же отклонения сводятся в основном к тому, что вязкость такой системы обычно выше вязкости чистой среды.

Закономерности распределения скоростей и концентраций - твердого по сечению потока, т. е., кинематическая структура потока, имеет большое значение для определения оптимальных режимов транспортирования и надежности работы установок. Особенно важно учитывать это при транспортировании гидросмесей высокого насыщения, когда необходимо заранее представлять характер распределения твердой фазы по сечению потока, уметь определять степень насыщения «придонной» части сечения пульповода и управлять режимами движения гидросмеси.

Концентрация твердой фазы определяется характером распределения скоростей по сечению потока и связана с ним определенной закономерностью» Режим транспортирования может быть охарактеризован отношением средней скорости  $v_{cp}$  транспортирования к критической скорости  $v_{кр}$ . Режим критических скоростей является режимом заиливания пульповодов ( $v_{cp} \leq v_{кр}$ ); при критических режимах ( $v_{cp} = v_{кр}$ ), как правило, не обеспечивается режим взвеси; движение потока



гидросмеси не устойчиво. При  $v_{cp} \geq v_{кр}$  твердая фаза переходит во взвешенное состояние, но характер распределения локальных концентраций твердого не является для всех видов гидросмесей одинаковым. Преобладающее влияние оказывает крупность транспортируемых частиц твердого, гранулометрическая характеристика гидросмеси.

При транспортировании тонкодисперсных материалов распределение концентраций полностью соответствует изотактам, характеризующим скоростные поля потока по его поперечному сечению. Однозначные по величине концентрации твердого располагаются концентрическими слоями относительно оси. В центре потока имеется ярко выраженное ядро, соответствующее максимальному значению концентрации. Ядро имеет тенденцию смещения. От центра к периферии потока значение слоевой концентрации снижается, в пристенной зоне оно практически близко к нулю.

Распределение, концентрации твердого при транспортировании мелкофракционных материалов не имеет ярко выраженных концентрических кругов, часто наблюдается разрыв слоев в верхнем сечении потока, границы их непостоянны, ядро смещено вниз.

При движении крупнофракционных материалов слоевой характер распределения твердой фазы в потоке сохраняется, но четкие границы между слоями нарушены. Максимальная концентрация тяготеет к «придонной» части сечения, слои с одинаковым значением концентрации параллельна между собой.

Значительное влияние на распределение локальных концентраций  $c_v$  в потоке оказывает и насыщение потока гидросмесей: с увеличением его ядро концентрации имеет тенденцию смещения вверх относительно геометрической оси потока.

## 1.1 Условия транспортабельности и критическая скорость транспортирования

Учитывая, что в критическом режиме транспортирования смеси придонные слои частиц все еще подвижны можно допустить, что их концентрация в нижней части трубопровода, составляет  $0,98 \cdot S_{\max}$ , (коэффициент 0,98 вводится как поправка на дилатацию). Величина  $0,98 \cdot S_{\max}$  используется в качестве граничного условия при транспортировании смесей в режиме самотека и распределении при этом концентрации твердых частиц по глубине потока. Эта площадь заполнения трубопровода называется критической толщиной, и соответствует  $v_{\text{кр}}$  потока. При уменьшении средней скорости потока ниже  $v_{\text{кр}}$  на дне трубопровода образуется неподвижный, слегка уплотняющийся осадок, что приводит к его забучиванию. В этом случае для дальнейшего транспортирования смесей требуется импульс энергии, который бы разрыхлил придонный слой, перемешал его и, создав гидравлический уклон, повысил скорость движения потока.

На рисунке 1.3 показаны участок – I самотечного транспорта закладочной смеси (при высоте заполненного вертикального става трубопровода диаметром 219 мм до 300 м) и участки – II подпорного транспортирования. Кроме подпора потока, гидродинамические активаторы позволяют поддерживать реологические параметры гидросмеси в режиме эффективного транспортирования и сохранять ее реакционные свойства.

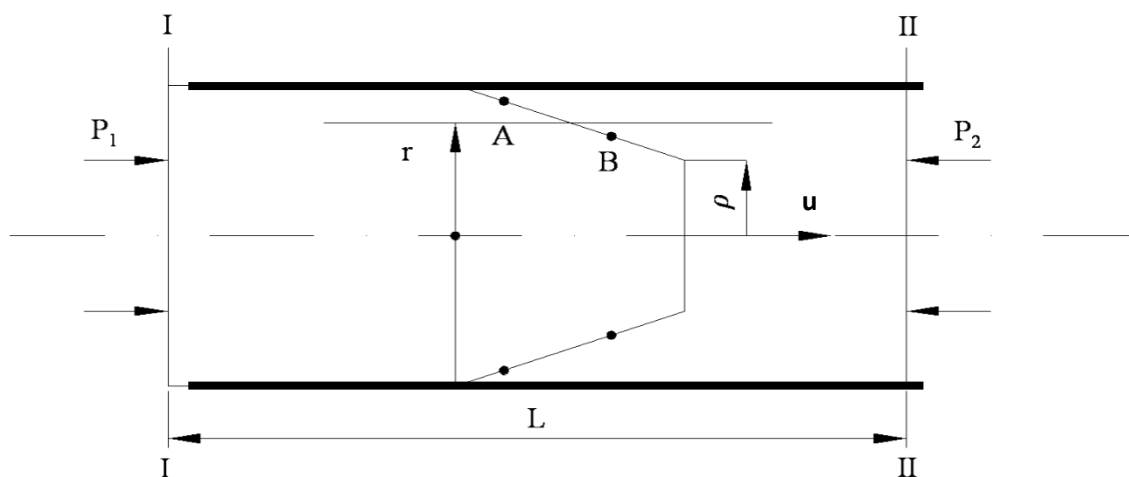


Рисунок 1.3 - Профиль распределения скоростей при структурном режиме течения

Критическая скорость движения закладочной смеси для наклонных участков трубопровода определяется по формуле:

$$V_{кр.н.} = V_{кр.} \cdot (1 \pm \sin \alpha) \quad (1.16)$$

где  $V_{кр.}$  - критическая скорость движения закладочной смеси для горизонтального участка, м/с;  $\alpha$  - угол наклона трубопровода (знак «+» для восходящего участка, знак «-» для нисходящего), градусы.

Двумя сечениями I-I и II-II, перпендикулярными к оси трубы, выделим участок длиной, равной длине всей трубы. Внутри этого участка в области градиентного слоя проведём цилиндрическую поверхность радиусом  $r$  (рис. 1). При данном направлении осей  $u$  и  $r$  градиент скорости является отрицательным. Тогда, согласно закону Шведова – Бингама, касательное напряжение:

$$\tau = -\eta \frac{du}{dr} + \tau_o \quad (1.17)$$

где  $\eta$  и  $\tau_0$  - соответственно структурная вязкость и динамическое напряжение сдвига жидкости;

Скорость точки  $A$  меньше скорости точки  $B$  (рис. 1.3) и, следовательно, влекущая сила или сила трения  $T$  направлена в обратную сторону, т.е.

$$T = -2\pi r l \left( -\eta \frac{du}{dr} + \tau_0 \right) \quad (1.18)$$

При разности давлений на концах трубы  $\Delta p$  можем составить следующее уравнение динамического равновесия:

$$\pi r^2 \Delta p - 2\pi r l \left( -\eta \frac{du}{dr} + \tau_0 \right) = 0 \quad (1.19)$$

отсюда

$$du = -\frac{\Delta p}{2\eta l} r dr + \frac{\tau_0}{\eta} dr \quad (1.20)$$

$$u = -\frac{\Delta p}{4\eta l} r^2 + \frac{\tau_0}{\eta} r + C \quad (1.21)$$

Исходя из следующих граничных условий: на стенке трубы скорость движения жидкости равна нулю и на поверхности ядра потока радиусом  $\rho$  градиент скорости равен нулю, т.е. при  $r = R$ ;  $u = 0$ ;  $\frac{du}{dr} \Big|_{r=\rho} = 0$  и уравнения динамического равновесия ядра:  $\pi \rho^2 \Delta p = 2\pi \rho \cdot l \tau_0$ , можем записать следующую формулу для определения скорости в любой точке градиентного слоя:

$$u = \frac{\Delta p}{4\eta l} (R^2 - r^2) - \frac{\tau_0}{\eta} (R - r) \quad (1.22)$$

$$(\rho \leq r \leq R) \quad (1.23)$$

Расход жидкости  $q$  через всё поперечное сечение потока складывается из расхода в области градиентного слоя  $q_1$  и расхода в области ядра потока  $q_2$ :

$$q = q_1 + q_2 \quad (1.24)$$

Из уравнения динамического равновесия, составленного для случая, когда ядро занимает практически всю площадь поперечного сечения потока, имеем:  $\Delta p_0 = 2l\tau_0 / R$  и  $\Delta p = 2l\tau_0 / \rho$ , тогда  $\Delta p_0 / \Delta p = \rho / R$

$$q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\eta l} \left[ 1 - \frac{4}{3} \frac{\Delta p_0}{\Delta p} + \frac{1}{3} \left( \frac{\Delta p_0}{\Delta p} \right)^4 \right] \quad (1.25)$$

Выражение известно под названием формулы Букингама. Пренебрежение третьим слагаемым в формуле Букингама приводит к погрешности не более 6% практически во всём диапазоне  $\tau_0$  и  $\eta$ , поэтому с высокой точностью формулу можно представить в виде:

$$q = \pi R^4 \Delta p / 8\eta l - \pi R^3 \tau_0 / 3\eta \quad (1.26)$$

или

$$q = \frac{\pi d^4}{128\eta l} \left( \Delta p - \frac{16l\tau_0}{3d} \right) \quad (1.27)$$

Решая уравнение относительно  $\Delta p$  получим:

$$\Delta p = 8\eta l q / \pi R^4 + 8l \tau_0 / 3R \quad (1.28)$$

или

$$\Delta p = \frac{128\eta l q}{\pi d^4} + \frac{16l \tau_0}{3d} \quad (1.29)$$

Таким образом, по вышеприведённым формулам в любой точке поперечного сечения трубы можно определить скорость и потери давления на трение.

Для проведения гидравлических расчётов часто пользуются формулой Дарси – Вейсбаха:

$$\Delta p = \lambda \frac{\gamma \cdot l v^2}{2d} \quad (1.30)$$

где  $\lambda$  - коэффициент гидравлических сопротивлений;

$d$  и  $l$  – соответственно диаметр и длина трубопровода;  $v$  - средняя скорость движения жидкости:

$$v = \frac{4q}{\pi \cdot d^2} \quad (1.31)$$

Тогда

$$\Delta p = \lambda \frac{8\eta q^2}{\pi^2 g d^5} \quad (1.32)$$

Для гидравлических расчётов при турбулентном режиме течения потока смеси были получены различные эмпирические соотношения.

Коэффициент линейных гидравлических сопротивлений при турбулентном режиме движения вязкой жидкости определяется по формуле Никурадзе:

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{Re^{0,237}} \quad (1.33)$$

где  $Re$  – параметр Рейнольдса.

При турбулентном режиме течения механизм движения вязкой и вязкопластичной жидкостей принципиально не отличается. Физически это можно объяснить тем, что при турбулентном режиме течения возникающие пульсации обуславливают интенсивное перемешивание всех слоёв между собой, что приводит к разрушению структуры и тем самым сводит к нулю влияние динамического напряжения сдвига на гидродинамические показатели. Отсюда следует, что коэффициент линейных гидравлических сопротивлений при турбулентном режиме движения вязкопластичной жидкости можно определять по формуле Никурадзе.

Так как:

$$Re = \frac{\gamma v d}{\eta g} = \frac{4\gamma q}{\pi d g \eta} \quad (1.34)$$

Тогда коэффициент линейных гидравлических сопротивлений переписывается так:

$$\lambda = 0,0032 + 0,221 \left( \frac{\pi \cdot dg \eta}{4\gamma \cdot q} \right)^{0,237} \quad (1.35)$$

Потери давления на трение в соответствии с формулой Дарси – Вейсбаха, можно записать:

$$\Delta p = \left[ 0,0032 + 0,221 \left( \frac{\pi dg \eta}{4\gamma q} \right)^{0,237} \right] \frac{8\gamma q^2}{\pi^2 g d^5} \quad (1.36)$$



## **2. УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДОСПЕРСНЫХ ГИДРОСМЕСЕЙ**

Самотечное транспортирование вязкопластичных дисперсных смесей (ВДС) с пониженным водосодержанием по трубам заключается в том, что смесь в трубопроводе перемещается на определенное расстояние по горизонтали за счет статического напора, создаваемого столбом смеси повышенной плотности, в вертикальном ставе трубопровода.

Приготовленная ВДС, удовлетворяющая условиям транспортирования, непрерывным потоком поступает в вертикальный став трубопровода, заполняет его до уровня, при котором масса столба смеси уравнивает сопротивление движению смеси в горизонтальной и заполненной смесью вертикальной части трубопровода. Под действием статического напора смесь перемещается по горизонтальному участку самотечного транспортирования.

Структурирование и расслоение ВДС в процессе их транспортирования существенно влияют на параметры трубопроводного транспорта. Установленные закономерности изменения вязкости, предельного напряжения сдвига и, как следствие, текучести смесей в зависимости от водосодержания и механического воздействия на них переменными полями скоростей и давлений, позволяют управлять транспортированием таких смесей, создавая условия поддерживающие заданную текучесть ВДС, при которой возможно транспортирование без расслоения, с минимально необходимыми показателями вязкости и предельными напряжениями сдвига.

Существующая традиционная технология трубопроводного транспорта ВДС требует существенного усовершенствования. Важной задачей является создание способов и средств управления реологическими

свойствами закладочных смесей. Это позволит повысить надежность трубопроводного транспорта, увеличить расстояние самотечного транспортирования и сохранить технологически необходимые реакционные свойства гидросмеси до твердения в выработанном пространстве.

Для управления реологическими свойствами и текучестью закладочной смеси в качестве устройств турбулентной активации, в целях увеличения предельной длины транспортирования, наиболее часто применяются шламовые центробежные или поршневые насосы.

Средствами эффективного управления реологическими свойствами могут также являться гидродинамические бесприводные активаторы и активаторы напорного действия.

Работа таких устройств основана на генерировании возмущений в смеси с образованием поля переменных скоростей и давлений, создаваемых энергией самого потока движущейся транспортируемой смеси.

Например, самый простой бесприводной гомогенизатор состоит из цилиндрического корпуса, наружный диаметр которого соответствует внутреннему диаметру трубы, в которую вставлен гомогенизатор. На внутренней поверхности цилиндрического корпуса неподвижно закреплены плоские лопасти, расположенные под наклоном и повернутые относительно своей продольной оси. Лопасти закручены относительно своей оси по часовой стрелке и чередуются с лопастями, повернутыми против часовой стрелки (рисунки 2.1).

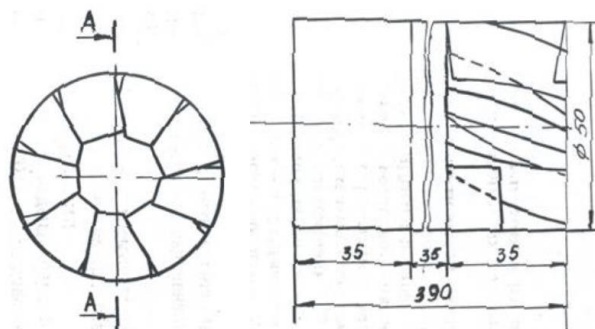


Рисунок - 2.1 Беспроводной активатор (гомогенизатор) гидросмеси

Закручивание потока обеспечивает определенное выравнивание концентрации по сечению трубопровода, однако отсутствие возможности изменить слоевое движение смеси не позволит эффективно разрушать структуру тиксотропных смесей.

Другой аппарат—гидродинамический активатор осуществляет интенсивное механическое воздействие на гидросмесь, используя энергию ее потока. Механическое воздействие производится импульсами, преобразующими часть энергии струи смеси в энергию акустических волн. Работа беспроводных гидравлических генераторов основана на генерировании возмущений в среде гидросмеси некоторых полей скоростей и давлений при взаимодействии потока смеси с резонирующими устройствами. Возмущения оказывают обратное действие на основание потока у сопла, способствуя установлению автоколебательного режима и генерированию ультразвука, в поле которого возникают пондеромоторные силы —совокупность сил, действующих на вещество или тело, помещенное в ультразвуковое поле.

Гидродинамический активатор осуществляет интенсивное механическое воздействие на гидросмесь, используя энергию ее потока. Механическое воздействие производится импульсами, преобразующими часть энергии струи смеси в энергию акустических волн. Работа беспроводного гидравлического генератора основана на генерировании

возмущений в среде гидросмеси некоторых полей скоростей и давлений при взаимодействии потока смеси с резонирующими устройствами. Возмущения оказывают обратное действие на основание потока у сопла, способствуя установлению автоколебательного режима и генерированию ультразвука, в поле которого возникают пандеромоторные силы - совокупность сил, действующих на вещество или тело, помещенное в ультразвуковое поле.

Гидродинамические активаторы могут быть размещены в трубах, по трассе движения смеси, в одном или нескольких местах. Активатор содержит конические выступы 1 (рисунок 2.2), в районе которых сечение трубопровода уменьшается. Со стороны меньшего основания конического выступа размещены упругие лепестки, которые установлены консольно на крестовине 3, закрепленной в канале трубопровода с помощью разрезного кольца 4 и обращены в сторону выступа.

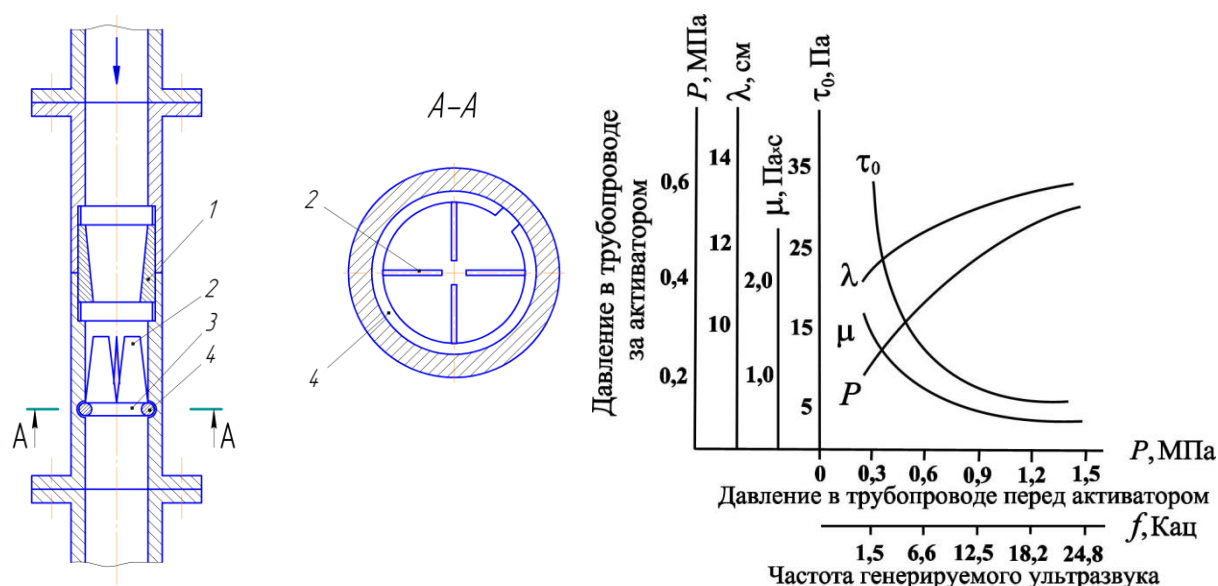


Рисунок 2.2 - Активатор безнапорного действия

При движении высокоскоростной струи по трубопроводу (учитывая, что его вертикальная длина 500-1000 м происходит ее набегание на выступ

1 и скачкообразное увеличение давления в смеси за счет уменьшения диаметра трубопровода. При этом скорость движения струи возрастает. На выходе из сужения трубопровода ускоренная струя закладочной смеси взаимодействует с упругими лепестками 2. Учитывая значительную турбулентность струи за выступом и ее высокую скорость лепестки 2 начинают колебаться и дополнительно воздействуя на струю закладки, активируют ее.

Упругие лепестки 2 могут быть установлены радиально по сечению трубопровода. Лепестки 2, изготавливаются из низкоуглеродистой стали и могут иметь различную форму, например, площадь их сечения может увеличиваться по направлению потока смеси, что обеспечивает повышение надежности устройства за счет уменьшения изгибающих усилий в месте закрепления лепестков. С целью снижения сопротивления движению смеси разрезное кольцо 4 может быть утоплено в стенке трубопровода.

Зазор между стенками трубопровода и консольным участком лепестков 2 принимают равным величине конического выступа по его большему основанию. Перед выступом 1 в трубопроводе может устанавливаться пневмоврезка, для увеличения скорости струи при ее проходе через активатор.

В пандеромоторные силы вносят вклад переменное звуковое давление, пропорциональное амплитуде звука, и квадратичные эффекты - радиационное давление, силы Бьеркнеса, а также гидродинамические силы, обусловленные движением гидросмеси в ультразвуковой волне, обуславливающие диспергирование, кавитацию и акустические течения в смеси гидросмеси. При этом сила, действующая на элемент объема гидросмеси  $\Delta V$ , равна  $f\Delta V$ , где  $f$  - объемная плотность некоторого поля скоростей и давлений, определяется изменением импульса  $\Delta v$  в единицу времени равным импульсу, втекающему в объем через его поверхность.

Если тензор плотности потока импульса  $-\pi_i k$ , то  $i$  компонента силы, действующая на объем  $\Delta V$ , определяется выражением:

$$\int_{\Delta V} f_i dV = \oint_S \pi_i k = \oint_S \pi_i k n_k dS \quad (2.1)$$

где  $dS$  - элемент поверхности объема, а  $n_k$  - внешняя по отношению к объему нормаль. Соответственно этому сила, действующая на элемент поверхности  $dS$ , равна потоку импульса через него и определяется выражением  $-\pi_i k dS$ . В частности, на поверхность единичной площади действует сила,  $i$ -я компонента которой  $F_i = \pi_i k n_k$ . Тензор плотности потока импульса звуковой волны:

$$\pi_i k = -P \delta_{ik} - \rho v_i v_k + \delta_{ik} \quad (2.2)$$

где  $P$  - звуковое давление;  $v_i$  - компонента колебательной скорости частиц;  $\delta_{ik}$  - символ Корнекера ( $\delta_{ik}=1$  при  $i=k$  и  $\delta_{ik}=0$  при  $i \neq k$ ;  $v_i k$  - тензор вязких напряжений;  $\rho$  - плотность среды.

Если поверхность жесткая, то скорость частиц среды, прилегающих к ней, образуется в нуль, и силы, действующие на единицу ее плотности, равны:

$$F_i = -\rho \delta_{ik} \cdot n_k + \delta_{ik} k n_k \quad (2.3)$$

то есть, в поле воздействия пандеромоторных сил возникают большие градиенты скоростей и значительные внутренние чередующие напряжения, разрушающие агрегаты несущей среды, частицы заполнителя и вязущего, способствующие гомогенизации смеси, поддержанию ее в состоянии активности и текучести.

Для конструкции (рисунок 2.3) определено, что настройка пластин в резонанс с колебаниями струи осуществляется регулировкой скоростей истечения струи и изменением расстояния между соплом и пластинами, а также их упругостью. Колебания генерируются при давлении струи 0,2

МПа и выше при этом наблюдаются частоты в пределах 2-35 кГц в зависимости от скорости истечения струи.

Излучение акустической энергии в основном идет в направлении, перпендикулярном плоскости пластин. При этом частота колебания пластин равна:

$$f_{нл} = \frac{\alpha t}{l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.4)$$

где  $\alpha$  - коэффициент пропорциональности, зависит от способа крепления пластин (0,162; 2,82);  $E$  - модуль упругости;  $\rho$  - плотность материала, из которого изготовлена пластина.

В текущей пульпе возникают автоколебания с частотой:

$$f_n = \frac{k\nu}{h} \quad (2.5)$$

где  $\nu$  - скорость истечения струи, м/с;  $h$  - расстояние между соплом и пластиной, м;  $k$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от  $\nu$  и  $h$ .

Для возбуждения интенсивных колебаний необходимо совпадение  $f_{нл}$  и  $f_n$ . Результаты исследований показали, что после прохождения гидродинамического генератора смесь представляет собой хорошо гомогенизированную пульпу раствора с повышенными реакционными свойствами и текучестью.

Бесприводной гидродинамический активатор у которого упругие пластины - резонаторы закреплены в корпусе консольно и снабжены механизмом регулирования собственной частоты колебаний. Механизм выполнен в виде набора скоб, закрепленных на выдвижных стержнях по длине корпуса, которые установлены в плоскости пластин - резонаторов с боковых сторон с возможностью зажима скобами краев пластин при выдвижении стержней. С этой целью упругие пластины резонаторы,

закрепленные в корпусе консольно и снабжены механизмом регулирования собственной частоты колебаний.

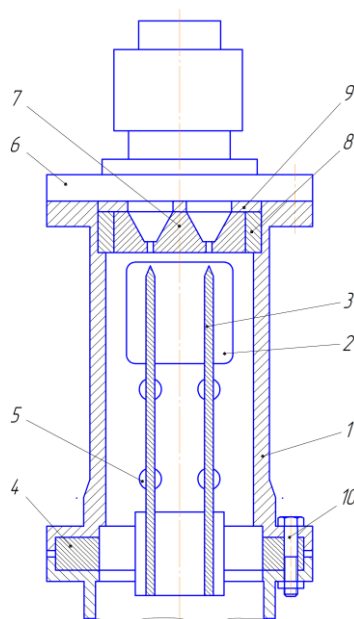


Рисунок 2.3 - Активатор жидких сред

Гидродинамический генератор состоит из корпуса 1 в котором имеются смотровые окна 2 и размещены резонирующие пластины 3, жестко закрепленные в стационарном узле крепления 4 болтами. Резонирующие пластины 3 имеют скобы фиксаторы 5, для регулирования жесткости резонирующих пластин относительно стационарного узла крепления 4. С двух сторон корпуса установлены крышки корпуса 6. В верхней крышке корпусов имеются струе формирующая насадка 7 с узлом ее установки 8 и фиксирующей шайбой 9.

Узел фиксации жесткости резонирующих пластин 5 может быть выполнен в виде червячного механизма.

При транспортировке жидкой среды, например литой закладочной смеси в подземные горные выработки самотеком, гидродинамический генератор устанавливают в нижней части вертикального става



трубопровода или на горизонтальном его участке. При движении высокоскоростной струи по трубопроводу происходит ее набегание в калейброванные отверстия 7, где скачкообразно увеличивается давление в смеси за счет уменьшения диаметра слива. При этом скорость прохождения возрастает и на выходе из калиброванного отверстия смесь взаимодействует с резонирующими пластинами 3.

## 2.1 Смеситель-гомогенизатор

Смеситель-гомогенизатор (рисунок 2.4) содержит цилиндрический корпус с патрубками входа и выхода рабочей среды. В корпусе размещена насадка с сопловыми каналами и смесительная камера с диспергатором. Диспергатор установлен на внутренней боковой поверхности смесительной камеры на расстоянии 10-20 калибров соплового канала от насадки и выполнен в виде замкнутого профилированного кольца со скошенным торцом со стороны насадки. Технический результат состоит в повышении степени диспергирования рабочей среды и надежности работы смесителя-гомогенизатора

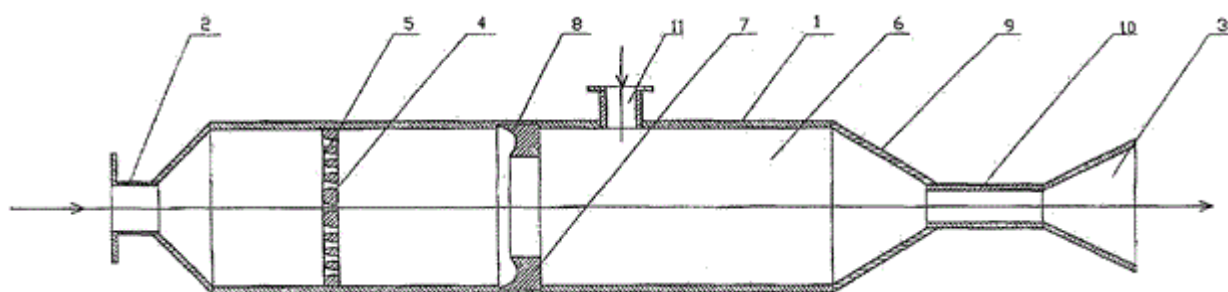


Рисунок 2.4 - Смеситель-гомогенизатор

Смеситель-гомогенизатор содержит цилиндрический корпус 1, патрубок входа 2 и диффузорный патрубок выхода 3 рабочей среды, насадку 4 с сопловыми каналами 5, смесительную камеру 6 и установленный на внутренней боковой поверхности смесительной камеры 6 диспергатор в виде замкнутого профилированного кольца 7 со скошенным торцом 8 со стороны насадки 4. Корпус 1 снабжен конфузуром 9, горловиной 10 и дополнительным патрубком ввода 11.

Подвергаемая диспергированию рабочая среда подается на патрубок входа 2 и проходит насадку 4, где распределяется сопловыми каналами 5 на автономные струи. В струйном режиме рабочая среда поступает в смесительную камеру 6 и подается на диспергатор 7. Месторасположение диспергатора 7 выбирается, с одной стороны, из условия сохранения струйного режима течения рабочей среды на всем протяжении вплоть до контакта с диспергатором 7 и одновременно к моменту контакта с диспергатором 7 струи должны находиться в начальной стадии распада из-за наличия в них волновых возмущений. Опыт эксплуатации смесителя-гомогенизатора выявил оптимальное расстояние размещения диспергатора от насадки в пределах 10-20 калибров соплового канала. Скошенный торец 8 диспергатора 7 изменяет направление течения периферийных струй рабочей среды и обеспечивает их внедрение в центральную область потока. В результате, взаимодействие между собой струй с различным углом течения и различной осевой составляющей скорости приводит к скольжению струй между собой, что инициирует отрыв пограничных структур в струях, их перемешивание и диспергирование рабочей среды в целом. В каждом конкретном случае, в зависимости от исходных данных и состава рабочей среды, выбирается свой угол скоса торца 7, который может быть скошен как по ходу, так и под углом больше  $90^\circ$  относительно направления движения рабочей среды и может быть спрофилирован с

требуемой ориентацией среза скоса. После диспергатора 7 образуется двухфазная смесь, состоящая из глубоко гомогенизированной по конденсированной компоненте рабочей среды и насыщенного пара. Образованная смесь проходит систему "конфузор" 9, "горловина" 10, "диффузор" 3 и при этом парокапельный поток инвертируется в жидкостно-пузырьковый поток с высокой концентрацией паровых пузырьков. Конденсация паровых пузырьков в конце горловины 10 и далее в диффузорном патрубке выхода 3 сопровождается в фазе схлопывания пузырьков интенсивным кавитационным воздействием на окружающую рабочую среду.

## 2.2 Роторно-дисковый гомогенизатор

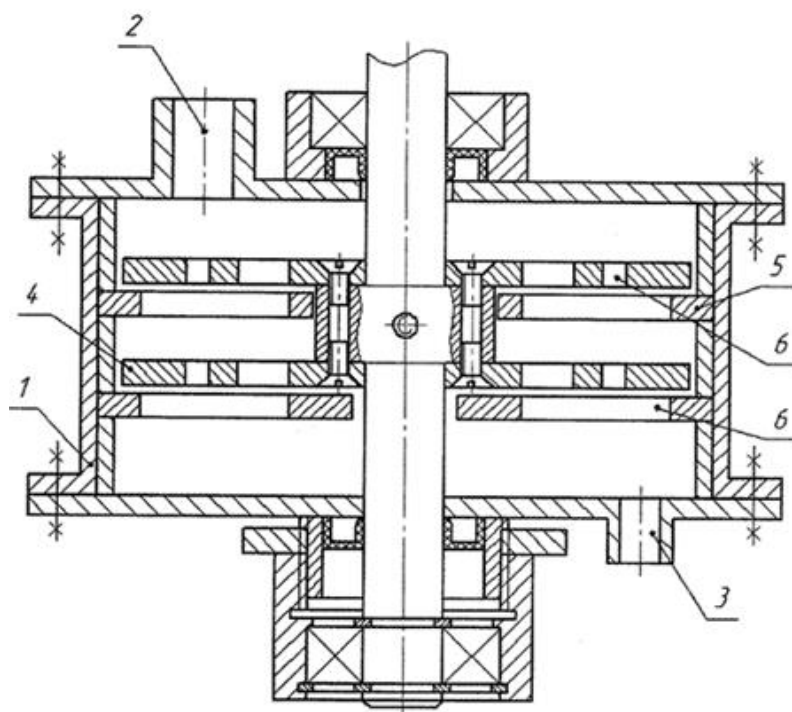


Рисунок 2.5 - Роторно-дисковый гомогенизатор

Под действием массовых сил или искусственно создаваемого избыточного давления обрабатываемая гетерогенная среда перемещается от загрузочного патрубка 2 к разгрузочному патрубку 3. При движении через отверстия дисков ротора 4 и дисков статора 5 гетерогенная среда подвергается интенсивному механическому воздействию, при этом компоненты среды эффективно перемешиваются.

Интенсивность механического воздействия достигается относительно высокой частотой вращения ротора, а также за счет возникновения значительных сдвиговых и деформационных воздействий на обрабатываемую среду.

С целью снижения пульсаций потока обрабатываемой среды в аппарате, а также уменьшения вибрации ротора и износа подвижных частей устройства при перемешивании гетерогенных сред расположение отверстий на дисках ротора и статора и форма отверстий выполнены таким образом, что в каждый момент времени обработки степень открытости, т.е. площадь совпадения отверстий ротора и статора, одинакова. Это достигается выполнением условий вышеприведенных систем уравнений.

Такой эффект достигается за счет того, что диск ротора и статора делится на сектора с углом в вершине, равным  $\phi_2$ . На диске ротора, как показано на рисунке 2.6, в каждом из двух смежных секторов concentрическими окружностями радиуса  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  и углами  $\phi_1, \phi_2$  образуются отверстия с площадью  $S_1, S_2, S_3, S_4$ .

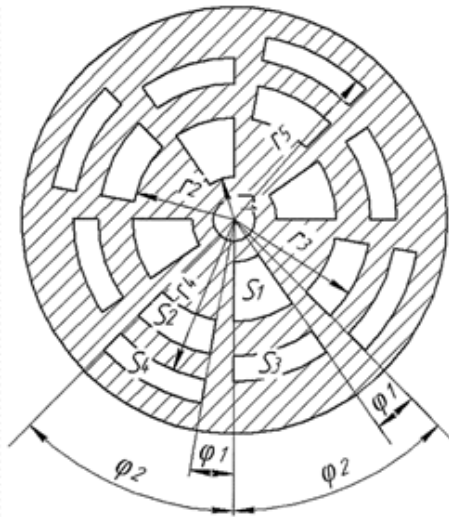


Рисунок 2.6 – Диск ротора

На диске статора в одном из двух смежных секторов concentрическими окружностями радиуса  $r_1$ ,  $r_5$  и углом  $\phi_2$  образуется отверстие с площадью  $S$ . Площадь каждого отверстия ротора и статора определяется исходя из известной зависимости для расчета площади сектора окружности по радиусу и углу и равна  $\frac{\phi}{2}r^2$ , таким образом, после математических преобразований в системах уравнений записаны уравнения для расчета  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$  и  $S$ . Т.к. в каждый момент времени обработки гетерогенной среды площадь совпадения отверстий ротора и статора одинакова, то в каждом из двух смежных секторов ротора отверстие статора перекрывает одинаковую площадь отверстий ротора. Это значит, что площади отверстий ротора в смежных секторах равны, т.е.  $S_1 + S_3 = S_2 + S_4$ . Количество секторов на роторе, определяемое углом  $\phi_2$ , должно быть четным, в виду наличия смежных секторов, т.е.  $\frac{2\pi}{\phi_2} = n$ . Т.к. на каждые два смежных сектора ротора приходится по одному отверстию статора, то их количество  $k$ , определяется как:  $k = \frac{n}{2}$ .

Основное преимущество предлагаемого роторно-дискового гомогенизатора - снижение пульсаций потока обрабатываемой среды в

аппарате, а также уменьшение вибраций ротора и износа подвижных частей устройства при перемешивании гетерогенных систем «жидкость-жидкость», «жидкость-твердые частицы».

### 2.3 Центробежный гомогенизатор

Центробежный гомогенизатор (рисунок 2.7) содержит корпус 1, на котором расположены входной патрубок 2 и выходной патрубок 3. Внутри корпуса 1 расположен подвижный ротор 4 и неподвижный кольцевой статор 5. Ротор 4 содержит обод 6, на наружной поверхности которого выполнены зубья 7 параллельно образующей. На внутренних поверхностях колец статора 5 выполнены зубья 8. зубья колец ротора и статора имеют форму эвольвенты.

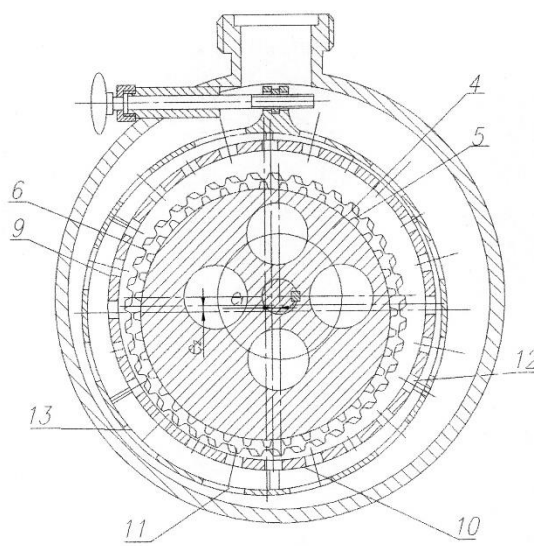


Рисунок 2.7 - Центробежный гомогенизатор

Ротор и статор вставлены в обечайку 9 с эксцентриситетом  $e_1$ . Обечайка состоит из двух колец 10, 11, которые также расположены по отношению друг друга с эксцентриситетом  $e_2$ . Кольца обечайки имеют отверстия 12 и 13 соответственно различных диаметров, расположенные по их периметру.

Центробежный гомогенизатор работает следующим образом. Обработываемый продукт под давлением подается через входной патрубок 2 во внутреннюю полость центробежного гомогенизатора и устремляется к щели, образованной статором 5 и ротором 4. Ротор, вращаясь, сообщает потоку дополнительный прирост давления на входе в зазоре между статором 5 и ротором 4, и в эвольвентном зацеплении происходит интенсивное диспергирование и гомогенизация продукта. Далее поток устремляется по канавкам между зубьями 8 статора 5 к выходному патрубку 3. Затем поток проходит через зазоры, образованные эксцентриситетами  $e_2$  и  $e_1$  сформированные кольцами обечайки и кольцами ротора и статора соответственно, и перемещаясь через отверстия обечайки 12 и 13 дополнительно увеличивают степень гомогенизации. Таким образом изменяя эксцентриситет  $e_1$  и  $e_2$ , осуществляется возможность регулирования величины степени гомогенизации, а следовательно и ее увеличения.

### 3. УСТАНОВКА ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ПУЛЬПЫ

#### 3.1 Принцип работы трубного гомогенизатора

Гидросмесь, двигаясь по трубопроводу, под действием гравитации расслаивается, в результате чего концентрированная и осажденная часть пульпы занимает в основном нижнее сечение трубопровода.

Предлагаемый гомогенизатор содержит приемную часть, установленную в нижнем сечении трубопровода, куда попадают преимущественно осажденные и сгущенные объемы пульпы. Под действием энергии потока, эти объемы проталкиваются по направляющей части гомогенизатора, перемешиваются и выбрасываются в поток в верхней части трубопровода, над осветленной частью пульпы, которая движется вниз при взаимодействии с гомогенизатором.

В результате дальнейшего осаждения твердой фракции происходит выравнивание её концентрации по высоте трубопровода, что повышает транспортабельность гидросмеси и увеличивает возможную длину транспортирования по условиям осаждения твердой фазы.

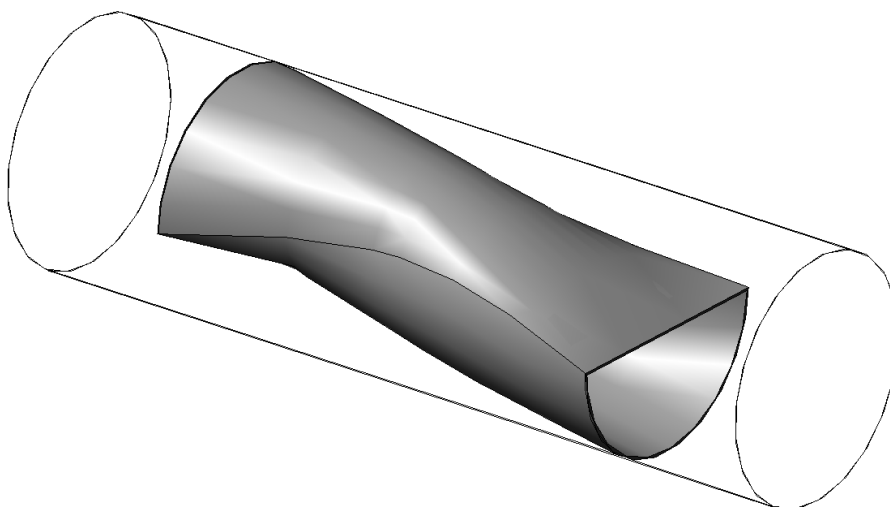


Рисунок 3.1 - Трубный гомогенизатор



## 3.2 Изучение характеристик трубного гомогенизатора.

### 3.2.1 Определение гидравлического сопротивления гомогенизатора

Для подсчета потери напора в трубопроводе, пользуются принципом сложения потерь. Трубопровод (рисунок 3.2), состоящий из прямолинейных участков и местных сопротивлений:

$$\begin{aligned} H_{\text{пот}} &= H_{\text{дл1}} + H_{\text{м1}} + H_{\text{дл2}} + H_{\text{м2}} + H_{\text{дл3}} = \\ &= \lambda \frac{l_1}{d} \frac{u^2}{2g} + \xi_1 \frac{u^2}{2g} + \lambda \frac{l_2}{d} \frac{u^2}{2g} + \xi_2 \frac{u^2}{2g} + \lambda \frac{l_3}{d} \frac{u^2}{2g} \end{aligned} \quad (3.1)$$

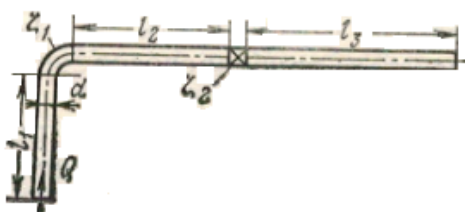


Рисунок 3.2 - Схема к определению потерь напора в простом трубопроводе.

Из полученного выражения видно, что вычисление потерь напора этим методом очень громоздко и занимает много времени, особенно если трубопровод состоит из большого числа участков. Заменив в этом выражении скорость расходом  $u = 4Q/(\pi d^2)$  и сделав приведение подобных членов, получаем

$$\begin{aligned} H_{\text{пот}} &= (l_1 + l_2 + l_3) \frac{\lambda u^2}{2g} + (\xi_1 + \xi_2) \frac{u^2}{2g} = \lambda \frac{\sum l}{d} \frac{u^2}{2g} + \sum \xi \frac{u^2}{2g} = \\ &= \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^4} \sum \xi Q^2 \end{aligned} \quad (3.2)$$

или

$$H_{\text{пот}} = \left( \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5} \sum l + \frac{8}{g\pi^2 d^4} \sum \xi \right) Q^2. \quad (3.3)$$

или подставляя  $P=\rho gH$

$$\Delta P_{\text{пот}} = \left( \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5} \sum l + \frac{8}{g\pi^2 d^4} \sum \xi \right) Q^2 \rho g \quad (3.4)$$

Обозначим выражение стоящее в скобках, буквой  $a$ , тогда

$$a = \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5} \sum l + \frac{8}{g\pi^2 d^4} \sum \xi \quad (3.5)$$

то есть

$$\Delta P_{\text{пот}} = a Q^2 \rho g \quad (3.6)$$

тогда

$$a = \frac{\Delta P_{\text{пот}}}{Q^2 \rho g} \quad (3.7)$$

Величина  $a$  зависит от его длинны *трубопровода*, диаметра, а при квадратичном законе сопротивления и от шероховатости, причем в для данного трубопровода установки  $a=const$ .

А) В первом случае определим величину  $a$  для лабораторной установки без гомогенизатора:

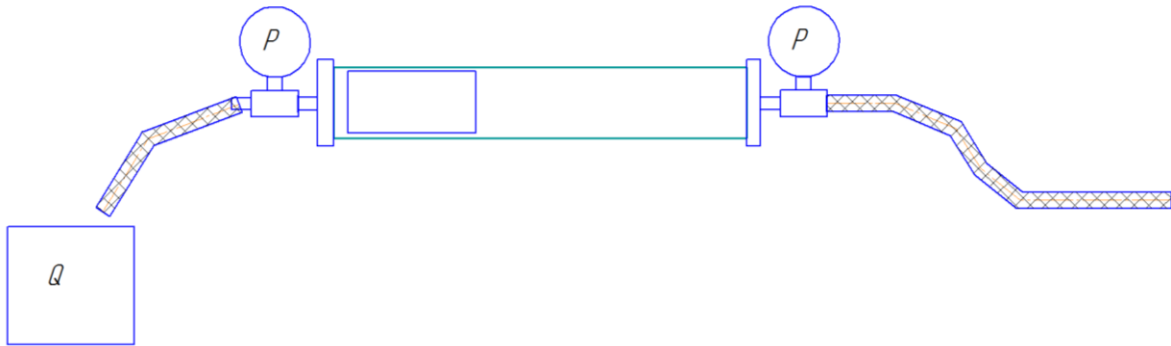


Рисунок 3.3 - Лабораторная установка без гомогенизатора

При проведении данного опыта были получены следующие результаты:  $P_1=0.45$  кгс/см<sup>2</sup> – давление на входе в установку,  $P_2=0.38$  кгс/см<sup>2</sup> – давление на выходе. Расход  $Q=0.23$  л/с= $0.23 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с.

Потери давления в трубопроводе:

$$\Delta P_{\text{пот}} = P_1 - P_2 = 0.45 - 0.38 = 0.07 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 7000 \text{ Па} \quad (3.8)$$

Коэффициент трения в трубопроводе:

$$a = \frac{\Delta P_{\text{пот}}}{Q^2 \rho g} = \frac{7000}{(0.23 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1000 \cdot 9.8} = 13 \cdot 10^6 \quad (3.9)$$

где  $\rho$  – плотность воды (1000 кг/м<sup>3</sup>)

Б) Добавим в конструкцию лабораторной установки гомогенизатор и повторим опыт. Так как добавляется только одно местное сопротивление – то есть сопротивление гомогенизатора  $\xi_r$  получаем:

$$\Delta P_{\text{пот2}} = \left( \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5} \sum l + \frac{8}{g\pi^2 d^4} \left( \sum \xi + \xi_r \right) \right) Q^2 \rho g \quad (3.10)$$

или

$$\Delta P_{\text{пот2}} = \left( \frac{8\lambda}{g\pi^2 d^5} \sum l + \frac{8}{g\pi^2 d^4} \sum \xi + \frac{8}{g\pi^2 d^4} \xi_r \right) Q^2 \rho g \quad (3.11)$$

тогда

$$\Delta P_{\text{пот2}} = \left( a + \frac{8}{g\pi^2 d^4} \xi_r \right) Q^2 \rho g \quad (3.12)$$

откуда

$$\xi_r = \frac{(\Delta P_{\text{пот2}} - aQ^2 \rho g)}{8Q^2 \rho g} \pi^2 d^4 \quad (3.13)$$

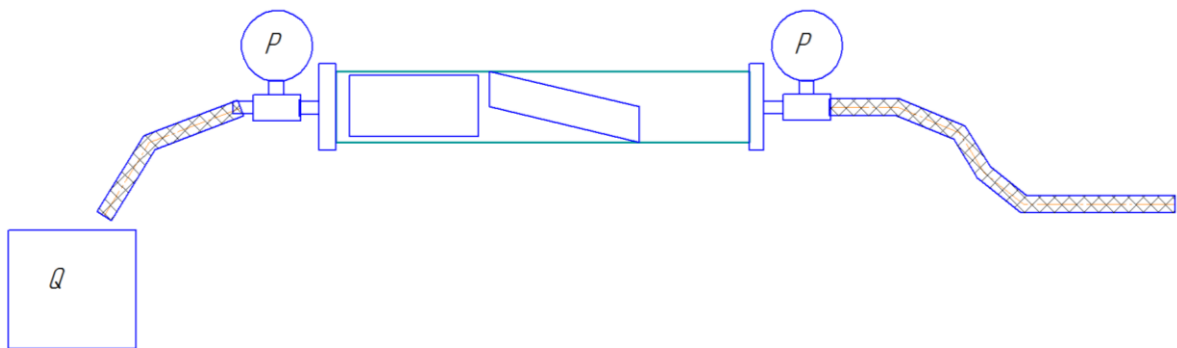


Рисунок 3.4 - Лабораторная установка с гомогенизатором

При проведении данного опыта были получены следующие результаты:

$P_1=0.45$  кгс/см<sup>2</sup> – давление на входе в установку,  $P_2=0.35$  кгс/см<sup>2</sup> – давление на выходе. Расход  $Q=0.21$  л/с= $0.21 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с.

Потери давления:

$$\Delta P_{\text{пот}} = P_1 - P_2 = 0.45 - 0.35 = 0.1 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 10000 \text{ Па} \quad (3.14)$$

Коэффициент сопротивления гомогенизатора:

$$\xi_{\Gamma} = \frac{(\Delta P_{\text{пот2}} - aQ^2 \rho g)}{8Q^2 \rho g} \pi^2 d^4 = \frac{(10000 - 13 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 9.8)}{8 \cdot (0.21 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1000} = 0.19 \quad (3.15)$$

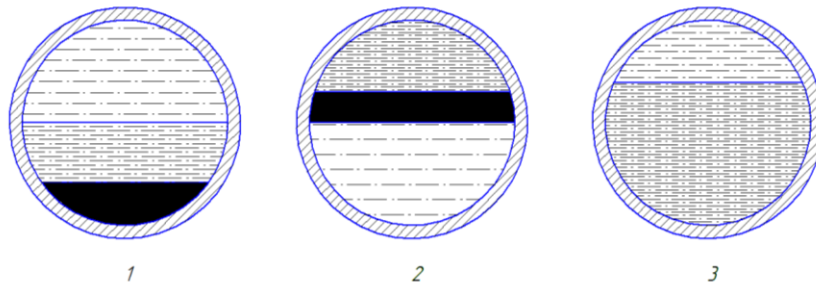


Рисунок 3.5 - Изменение концентрации в трубном гомогенизаторе

1 – на входе в гомогенизатор, 2 – на выходе из гомогенизатора,

3 – при прохождении гомогенизатора.

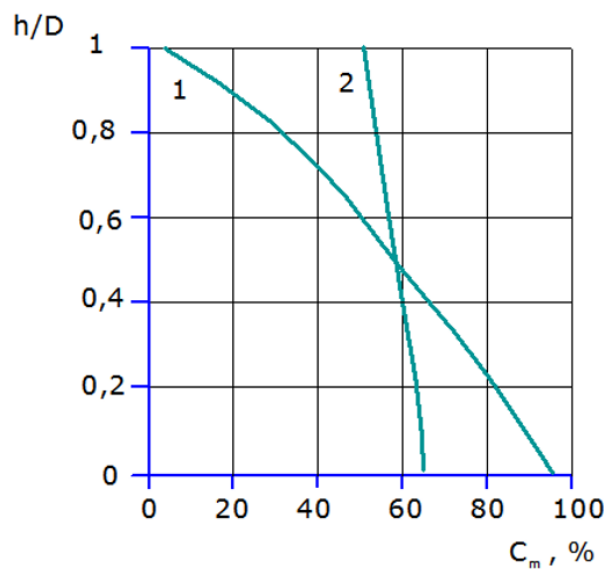


Рисунок 3.6 - График изменения концентрации в трубопроводе

1- без гомогенизатора, 2 – с гомогенизатором.

## 4. Эксплуатация и ремонт металлургического оборудования

### 4.1 Выбор насоса гидротранспорта

Рассчитаем параметры эксплуатации основного технологического оборудования переработки и транспортирования пульповых материалов на основании данных цеха флотации ЗИФ-1 предприятия ЗАО «Полюс

Определить удельные потери давления, диаметр трубопровода и подобрать оборудование для следующих условий гидротранспорта: по горизонтальному трубопроводу длиной 2100 м при  $s = 0,32$  перемещаются хвосты флотационного обогащения в количестве 160 т плотностью  $2100 \text{ кг/м}^3$ , класса 0-05 мм при содержании фракций менее 0,04 мм - 65%; 0,4 – 0,08 мм – 13%; 0,08 – 0,25 мм - 15%; 0,25 – 0,5 мм – 7%.

Ориентировочно по нормам для водопроводов выбираем диаметр трубопровода  $D = 250 \text{ мм}$  из условия обеспечения заданного расхода.

Расход гидросмеси

$$Q = \frac{1600 * 1000}{2100 * 0.32} = 238 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (4.1)$$

Скорость движения

$$u = \frac{4Q}{3600\pi D^2} = \frac{4 * 238}{3600 * 3.14 * 0.25^2} = 1.35 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \quad (4.2)$$

Удельные потери при движении гидросмеси

$$\begin{aligned} i &= \left( \frac{4\theta_{\partial}}{D\rho_0 g} \right) + \left( \frac{32u\eta}{D^2\rho_0 g} \right) = \left( \frac{4 * 175}{25 * 1 * 981} \right) + \left( \frac{32 * 135 * 0,88}{25^2 * 1 * 981} \right) \\ &= 0,0347 (3,47\%) \end{aligned} \quad (4.3)$$

где  $\theta_{\partial} = 17,5 \text{ н/м}^2$  ( $175 \text{ дин/см}^2$ ),  $\eta = 0,088 \text{ н*сек/м}^2$  приняты по опытным данным для хвостов фланцевого обогащения при величине  $s$ , незначительно превышающей  $s_{кр}$ .

Сравним полученное значение  $i$  с величиной уклона, определенного по значению градиента скорости и эффективной вязкости:

$$\frac{du}{dr} = \frac{3u}{R} = \frac{3 * 135}{12.5} = 32.4 \quad (4.4)$$

Гидравлический уклон принимаю  $i_1 = i$  (3.47%)

Полный необходимый напор (при  $H_h = 0$ )

$$H = 1.1i_1l = 1.1 * 0.0347 * 2100 = 80.2 \text{ н/см}^2 \text{ (80,2 м вод. Ст.)} \quad (4.5)$$

где 1,1- коэффициент, учитывающий влияние местных гидравлических сопротивлений.

Для расхода гидросмеси  $238 \text{ м}^3/\text{ч}$ , выбираем насос типа 200ZJ-I-A73 (при частоте вращения 980 об/мин,  $H_0 = 97,5 \text{ н/см}^2$ ,  $N = 355 \text{ кВт}$ ). Для расчета характеристик насоса используется метод, разработанный для условий, когда по величине  $s$  меньше или близко к  $s_{кр}$ . Если принять для заданного расхода по характеристике насоса для воды  $H_0 = 97,5 \text{ м вод. Ст.}$  и  $N = 355 \text{ кВт}$ , то при работе на гидросмеси

$$H = H_0 \{1 + k[(\gamma_s - \gamma_0)/\gamma_0]^n\} = 85 \{1 + 0.8[(11.6 - 10.0)/10.0]^{0.9}\} = 109 \text{ н/см}^2 \text{ (109 м вод. ст)} \quad (4.6)$$

где  $k = 0,8$  и  $n = 0.9$  – выбранные значения опытных констант.

Плотность гидросмеси

$$\rho = s(\rho_s - \rho_0) + \rho_0 = 0.32(2100 - 1000) + 1000 = 1352 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (4.7)$$

Требуемая мощность на валу насоса

$$N = \frac{N_0 \rho}{\rho_0} = \frac{355 * 1352}{1000} = 480 \text{ кВт} \quad (4.8)$$

Проверяем соответствие заданного расхода гидросмеси расходу, развиваемому насосом при данном значении:

$$Q \leq Q_M \{1: [(1.05 \div 1.1)] \rho / \rho_0\} \quad (4.9)$$

$$238 \leq 600: (1,1 * 1352/1000) \quad (4.10)$$

$$238 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} < 405 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad (4.11)$$

где  $Q_M = 600 \text{ м}^3$  – максимальный расход гидросмеси.

Проверка показывает, что выбранный насос обеспечивает необходимую производительность по гидросмеси.

## 4.2 Выбор необходимого количества оборудования

Основное технологическое оборудование принимаем на основании данных предприятия ЗАО «Полюс».

На основании справочных материалов определяем нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости ремонтов основного технологического оборудования. Данные приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1. - Оборудование корпуса дробления

№ п / п	Оборудование	Количество	Ремонт			Трудоемкость чел. час		
			вид	периодичность	Продолжительность	Число в цикле	Одного ремонта	Среднегодовая
1	Сгуститель Ц-25	1	ТО	540	4	48	22	176
			T <sub>1</sub>	1620	12	12	202	404
			T <sub>2</sub>	3240	24	11	300	550



			К	39980	36	1	350	58
2	Флотационная машина	7	ТО Т <sub>1</sub> Т <sub>2</sub> К	540 3240 6480 12960	8 36 48 72	20 2 1 1	6 142 196 316	60 142 98 158
3	Центрифуга	1	ТО Т К	540 2160 12960	2 6 16	18 5 1	2 12 41	18 30 20
4	Насос 200ZJ-I-A73	2	ТО Т К	730 2160 17520	4 24 48	16 7 1	4 20 125	32 70 63
5	Бункер загрузочный	6	ТО Т К	365 1400 -	6 16 -	3 1 -	12 32 -	216 192 -
6	Кран мостовой	1	ТО Т К	243 4380 26280	2 24 56	102 5 1	6 72 420	204 120 139
7	Вентилятор	1	ТО Т К	730 4380 43800	2 48 96	50 9 1	2 48 120	20 86 24

### **4.3 Определение количества и видов технических обслуживаний и ремонтов**

Количество и виды технических обслуживаний и ремонтов определяем аналитическим способом.

В целях предупреждения прогрессивного нарастания износа, исключения поломок и преждевременного выхода из строя деталей и узлов основного технологического оборудования (ОТО), а также для поддержания его в постоянной эксплуатационной готовности и обеспечения его производительной и безопасной работы проводится система планово-предупредительного ремонта (ППР). Она состоит из циклически повторяющихся организационных и технических мероприятий, предусматривающих выполнение планированных во времени профилактических работ по осмотру, уходу и устранению неисправностей, а также ремонтов, восстанавливающих работоспособность действующего технологического оборудования.

Система ППР предусматривает:

1. обязательное выполнение правил технической эксплуатации (ПТЭ) основного технологического оборудования и норм его технического обслуживания;
2. своевременное и качественное проведение плановых ремонтов оборудования.

Система ППР обеспечивает:

1. восстановление заданных технических характеристик оборудования;
2. увеличение продолжительности межремонтных периодов работы оборудования;
3. снижение продолжительности и стоимости ремонта, а также повышение качества выполняемых ремонтных работ;
4. стабильность протекания технологических процессов.

Различают следующие виды планово-предупредительного ремонта (ППР):

1. межремонтное техническое обслуживание: ежедневные и периодические ремонтные осмотры;
2. плановые ремонты, которые состоят из текущих ремонтов (Т1, Т2, Т3, ...) и капитальных ремонтов (К).

Техническое обслуживание оборудования представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предупреждение преждевременного износа оборудования путем точного выполнения правил ПТЭ, а также своевременного устранения мелких неисправностей.

Техническое обслуживание включает:

1. ежесменное техническое обслуживание;
2. периодические технические осмотры, выполняемые после наработки оборудованием определенного количества часов.

Текущий ремонт – это ремонт, при котором производится замена небольшого количества изношенных деталей и регулирование механизмов для обеспечения нормальной эксплуатации до очередного планового ремонта.

Капитальный ремонт оборудования предназначен для полного восстановления работоспособности механизмов на период ремонтного цикла (период между двумя капитальными ремонтами). При капитальном ремонте производится полная разборка узлов с целью восстановления базовых деталей и замены или восстановления всех деталей, вышедших из пределов точности, предусмотренных чертежами, а также производится сборка, наладка и испытание под нагрузкой.

Капитальный ремонт рекомендуется производить методом агрегатно-узлового ремонта, при котором на оборудование взамен изношенных устанавливают новые или заранее отремонтированные узлы. Капитальный ремонт может производиться также индивидуальным методом, при котором все снятые и отремонтированные детали и узлы устанавливаются на эту же машину.

Количество и виды технических обслуживаний и ремонтов являются исходной информацией для составления годового и месячного графиков ремонтных работ по каждой единице принятого к эксплуатации оборудования (табл. 4.2).

В данном курсовом проекте количество и виды технических обслуживаний и ремонтов определяются аналитическим методом. Ниже представлены расчеты для каждого типа рабочего оборудования карьера на календарный год в зависимости от планируемой годовой выработки.

Определяем количество часов, затрачиваемых на ремонт сгустителя – Ц25 в планируемом году

$$T_p = \frac{T_{\Gamma} \cdot (T_{\text{ТО}} \cdot N_{\text{ТО}}^{\text{ц}} + T_{\text{Т}} \cdot N_{\text{Т}}^{\text{ц}} + T_{\text{К}} \cdot N_{\text{К}}^{\text{ц}})}{K} \quad (4.12)$$

где  $T_{\text{ТО}}, T_{\text{Т}}, T_{\text{К}}$  - продолжительность соответственно одного технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, час;

$N_{\text{ТО}}^{\text{ц}}, N_{\text{Т}}^{\text{ц}}, N_{\text{К}}^{\text{ц}}$  - число в цикле соответственно технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, ед.;

$K$  – ремонтный цикл машины, час;

$T_{\Gamma}$  - номинальный фонд времени работы оборудования, год.  
Принимаем  $T_{\Gamma}=8160$  часов.

$$T_p = \frac{8160 \cdot (4 \cdot 48 + 16 \cdot 12 + 24 \cdot 11 + 36 \cdot 1)}{39980} = 139,6 \text{ час.}$$

Рассчитываем количество капитальных ремонтов

$$N_{\text{К}} = \frac{H_{\Gamma} + H_{\text{К}}}{K} \quad (4.13)$$

где  $H_{\text{К}}$  – выработка машины от предыдущего капитального ремонта. Для оборудования, вводимого в эксплуатацию в начале планируемого года, принимаем  $H_{\text{К}} = 0$ ;

$H_{\Gamma}$  – планируемая выработка на год;

$$H_{\Gamma} = T_{\Gamma} \cdot k_{\text{У}}^{\text{п}} - T_p,$$

где  $k_{\text{У}}^{\text{п}} = 0,85$  - планируемый коэффициент использования.

$$H_r = 8160 \cdot 0,85 - 139,6 = 6796,4 \text{ час},$$

$$N_k = \frac{6796,4 + 0}{39980} \approx 0,17 = 0 \text{ шт.}$$

Определяем количество первичных текущих ремонтов

$$N_{T1} = \frac{H_r + H_{T1}}{T_1} - N_k \quad (4.14)$$

$$N_{T1} = \frac{6796,4 + 0}{1620} - 0 = 4,2 \approx 4 \text{ шт.}$$

Определяем количество вторичных текущих ремонтов

$$N_{T2} = \frac{H_r + H_{T2}}{T_2} - N_k \quad (4.15)$$

$$N_{T2} = \frac{6796,4 + 0}{3240} - 0 = 2,1 \approx 2 \text{ шт.}$$

Определяем количество технических обслуживаний

$$N_{T0} = \frac{H_r + H_{T0}}{T_{T0}} - N_k - N_{T2} - N_{T1} \quad (4.16)$$

$$N_{T0} = \frac{6796,4 + 0}{540} - 0 - 2 - 4 \approx 6,6 = 6 \text{ шт.}$$

Аналогично рассчитываем количество и виды ремонтов, технических обслуживаний для остального оборудования. Полученные данные заносим в таблицу 4.2.

Определяем количество часов, затрачиваемых на ремонт флотационной машины в планируемом году

$$T_p = \frac{T_r \cdot (T_{T0} \cdot N_{T0}^H + T_T \cdot N_T + T_K \cdot N_K^H)}{K} \quad (4.17)$$

где  $T_{то}, T_T, T_K$  - продолжительность соответственно одного технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, час;

$N_{то}^ц, N_T, N_K^ц$  - число в цикле соответственно технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, ед.;

$K$  – ремонтный цикл машины, час;

$T_r$  - номинальный фонд времени работы оборудования, год.  
Принимаем  $T_r=8160$  часов.

$$T_p = \frac{8160 \cdot (8 \cdot 20 + 36 \cdot 2 + 48 \cdot 1 + 72 \cdot 1)}{12960} = 221,62 \text{ час.}$$

Рассчитываем количество капитальных ремонтов

$$N_K = \frac{H_r + H_K}{K}, \quad (4.18)$$

где  $H_K$  – выработка машины от предыдущего капитального ремонта. Для оборудования, вводимого в эксплуатацию в начале планируемого года, принимаем  $H_K = 0$ ;

$H_r$  – планируемая выработка на год;

$$H_r = T_r \cdot k_U^n - T_p,$$

где  $k_U^n = 0,85$  - планируемый коэффициент использования.

$$H_r = 8160 \cdot 0,8 - 221,62 = 6306,38 \text{ час,}$$

$$N_K = \frac{6306,38 + 0}{12960} \approx 0,48 = 0 \text{ шт.}$$

Определяем количество первичных текущих ремонтов

$$N_{T1} = \frac{H_r + H_{T1}}{T_1} - N_K, \quad (4.19)$$

$$N_{T1} = \frac{6306,38+0}{3240} - 0 = 1,9 \approx 2 \text{ шт.}$$

Определяем количество вторичных текущих ремонтов

$$N_{T2} = \frac{H_r + H_{T2}}{T_2} - N_k, \quad (4.20)$$

$$N_{T2} = \frac{6306,38+0}{6480} - 0 = 0,9 \approx 1 \text{ шт.}$$

Определяем количество технических обслуживаний

$$N_{T0} = \frac{H_r + H_{T0}}{T_{T0}} - N_k - N_{T2} - N_{T1}, \quad (4.21)$$

$$N_{T0} = \frac{6306,38+0}{540} - 0 - 1 - 2 \approx 7,6 = 7 \text{ шт.}$$

Определяем количество часов, затрачиваемых на ремонт центрифуги в планируемом году:

$$T_p = \frac{T_r \cdot (T_{T0} \cdot N_{T0}^H + T_T \cdot N_T + T_K \cdot N_K^H)}{K} \quad (4.22)$$

$$T_p = \frac{8160 \cdot (2 \cdot 18 + 5 \cdot 12 + 41 \cdot 1)}{12960} = 86 \text{ час.}$$

$H_r$  – планируемая выработка на год;

$$H_r = T_r \cdot k_U^n - T_p, \quad (4.23)$$

$$H_r = 8160 \cdot 0,8 - 86 = 6442 \text{ час,}$$

Определяем количество текущих ремонтов

$$N_T = \frac{H_r + H_{T2}}{T_2} - N_k, \quad (4.24)$$

$$N_T = \frac{6442+0}{2160} - 0 = 2,98 \approx 3 \text{ шт.}$$

Определяем количество технических обслуживаний

$$N_{T0} = \frac{H_r + H_{T0}}{T_{T0}} - N_k - N_{T2} - N_{T1}, \quad (4.25)$$

$$N_{T0} = \frac{6442 + 0}{540} - 3 \approx 8,9 = 9 \text{ шт.}$$

Определяем количество часов, затрачиваемых на ремонт насоса 200ZJ-I-A73 в планируемом году

$$T_p = \frac{T_r \cdot (T_{T0} \cdot N_{T0}^H + T_T \cdot N_T + T_K \cdot N_K^H)}{K} \quad (4.26)$$

$$T_p = \frac{8160 \cdot (4 \cdot 16 + 24 \cdot 7 + 48 \cdot 1)}{17520} = 130,4 \text{ час.}$$

Рассчитываем количество капитальных ремонтов

$$N_k = \frac{H_r + H_k}{K}, \quad (4.27)$$

$H_r$  – планируемая выработка на год;

$$H_r = T_r \cdot k_U^n - T_p, \quad (4.28)$$

$$H_r = 8160 \cdot 0,8 - 130,4 = 6397,6 \text{ час,}$$

$$N_k = \frac{6397,6 + 0}{17520} \approx 0,36 = 0 \text{ шт.}$$

Определяем количество текущих ремонтов

$$N_T = \frac{H_r + H_{T2}}{T_2} - N_k, \quad (4.29)$$

$$N_T = \frac{6397,6 + 0}{2160} - 0 = 2,96 \approx 3 \text{ шт.}$$

Определяем количество технических обслуживаний



$$N_{T0} = \frac{H_r + H_{T0}}{T_{T0}} - N_k - N_{T2} - N_{T1}, \quad (4.30)$$

$$N_{T0} = \frac{6397,6 + 0}{730} - 0 - 3 \approx 5,76 = 6 \text{ шт.}$$

Определяем количество часов, затрачиваемых на ремонт загрузочного бункера планируемом году

$$T_p = \frac{T_r \cdot (T_{T0} \cdot N_{T0}^n + T_T \cdot N_T + T_k \cdot N_k^n)}{K} \quad (4.31)$$

$$T_p = \frac{8160 \cdot (6 \cdot 3 + 16 \cdot 1)}{1400} = 198,2 \text{ час.}$$

Рассчитываем количество капитальных ремонтов

$$N_k = \frac{H_r + H_k}{K}, \quad (4.32)$$

$H_r$  – планируемая выработка на год;

$$H_r = T_r \cdot k_U^n - T_p, \quad (4.33)$$

$$H_r = 8160 \cdot 0,8 - 198,2 = 6329,8 \text{ час}$$

Определяем количество текущих ремонтов

$$N_T = \frac{H_r + H_{T2}}{T_2} - N_k, \quad (4.34)$$

$$N_T = \frac{6329,8 + 0}{1400} = 4,5 \approx 5 \text{ шт.}$$

Определяем количество технических обслуживаний

$$N_{T0} = \frac{H_r + H_{T0}}{T_{T0}} - N_k - N_{T2} - N_{T1}, \quad (4.35)$$

$$N_{TO} = \frac{6329,8+0}{365} - 5 = 12,3 = 12 \text{ шт.}$$

Определяем количество часов, затрачиваемых на ремонт мостового крана планируемом году

$$T_p = \frac{T_r \cdot (T_{TO} \cdot N_{TO}^H + T_T \cdot N_T + T_K \cdot N_K^H)}{K} \quad (4.36)$$

$$T_p = \frac{8160 \cdot (2 \cdot 102 + 5 \cdot 24 + 56 \cdot 1)}{26280} = 117,9 \text{ час.}$$

Рассчитываем количество капитальных ремонтов

$$N_K = \frac{H_r + H_K}{K}, \quad (4.37)$$

$H_r$  – планируемая выработка на год;

$$H_r = T_r \cdot k_U^n - T_p, \quad (4.38)$$

$$H_r = 8160 \cdot 0,8 - 117,9 = 6410,1 \text{ час,}$$

$$N_K = \frac{6410,1 + 0}{26280} \approx 0,24 = 0 \text{ шт.}$$

Определяем количество текущих ремонтов

$$N_T = \frac{H_r + H_{T2}}{T_2} - N_K, \quad (4.39)$$

$$N_T = \frac{6410,1 + 0}{4380} = 1,4 = 1 \text{ шт.}$$

Определяем количество технических обслуживаний

$$N_{T0} = \frac{H_r + H_{T0}}{T_{T0}} - N_k - N_{T2} - N_{T1},$$

(4.40)

$$N_{T0} = \frac{6410,1 + 0}{243} - 0 - 1 = 25 \text{ шт.}$$

Определяем количество часов, затрачиваемых на ремонт вентилятора в планируемом году

$$T_p = \frac{T_r \cdot (T_{T0} \cdot N_{T0}^H + T_T \cdot N_T + T_K \cdot N_K^H)}{K} \quad (4.41)$$

$$T_p = \frac{8160 \cdot (2 \cdot 50 + 48 \cdot 9 + 96 \cdot 1)}{43800} = 116,9 \text{ час.}$$

Рассчитываем количество капитальных ремонтов

$$N_k = \frac{H_r + H_k}{K},$$

(4.42)

$H_r$  – планируемая выработка на год;

$$H_r = T_r \cdot k_U^n - T_p,$$

(4.43)

$$H_r = 8160 \cdot 0,8 - 116,9 = 6411,1 \text{ час,}$$

$$N_k = \frac{6411,1 + 0}{43800} \approx 0,14 = 0 \text{ шт.}$$

Определяем количество текущих ремонтов

$$N_T = \frac{H_r + H_{T2}}{T_2} - N_k,$$

(4.44)

$$N_T = \frac{6411,1 + 0}{4380} = 1,46 = 1 \text{ шт.}$$

Определяем количество технических обслуживаний

$$N_{TO} = \frac{H_T + H_{TO}}{T_{TO}} - N_K - N_{T2} - N_{T1},$$

(4.45)

$$N_{TO} = \frac{6411,1 + 0}{730} - 0 - 1 = 8 \text{ шт.}$$

Таблица 4.2 – Количество ремонтов

Наименование оборудования	T <sub>р</sub> , час	H <sub>Г</sub> , час	N <sub>К</sub> , шт.	N <sub>T2</sub> , шт.	N <sub>T1</sub> , шт.	N <sub>ТО</sub> , шт.
Сгуститель Ц25	139,6	6796,4	0	2	4	6
Флотационная машина	221,62	6306,38	0	1	2	7
Центрифуга	86	6442	-	-	3	9
Насос 200ZJ-I-A73	130,4	6397,6	0	-	3	6
Бункер загрузочный	198,2	6329,8	-	-	5	12
Кран мостовой	117,9	6410,1	0	-	1	25
Вентилятор	116,9	6411,1	0	-	1	8

#### 4.4 Организация ремонтных работ

Под системой планово-предупредительных ремонтов (ППР) понимается совокупность организационных и технических мероприятий по уходу, надзору, эксплуатации и ремонту оборудования, направленных

на предупреждение преждевременного износа деталей, узлов и механизмов и содержание их в работоспособном состоянии.

Сущность этой системы состоит в том, что после отработки оборудованием определенного времени производятся профилактические осмотры и различные виды плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации.

Система ППР предусматривает также комплекс профилактических мероприятий по содержанию и уходу за оборудованием. Она исключает возможность работы оборудования в условиях прогрессирующего износа, предусматривает предварительное изготовление деталей и узлов, планирование ремонтных работ и потребности в трудовых и материальных ресурсах.

В соответствии с определенными количеством и видами технических обслуживаний и ремонтов рабочего оборудования, составляются годовые и месячные графики планово-предупредительных ремонтов действующего оборудования.

В графиках указываются рассчитанное количество и виды технических обслуживаний и ремонтов (в числителе) и их продолжительность в часах (в знаменателе) Годовой и месячный графики ППР представлены в приложении А и Б соответственно.

#### **4.5 Расчет численности ремонтного персонала**

Численность ремонтного персонала рассчитывается одним из следующих методов: ценностным, нормативной трудоёмкости, весовым.

В данном курсовом проекте применяем метод нормативной трудоёмкости, который является наиболее точным.

Определяем годовые суммарные трудозатраты:

$$T_H = \sum [(t_{To}^1 + t_{T1}^1 + t_{T2}^1 + t_K^1) \cdot N^1 + \dots + (t_{To}^n + t_{T1}^n + t_{T2}^n + t_K^n) \cdot N^n], \quad (4.46)$$

где  $t_{To}^1, t_{T1}^1, t_K^1$  - нормативные среднегодовые трудоёмкости технических осмотров, первых, вторых и капитальных ремонтов оборудования, чел·ч;

$N^1$  - число единиц отдельных видов оборудования, принятых к эксплуатации;

$$\begin{aligned} T_H = & [(176 + 404 + 550 + 58) \cdot 1 + (60 + 142 + 98 + 158) \cdot 7 \\ & + (18 + 30 + 20) \cdot 1 + (32 + 70 + 63) \cdot 1 + (216 + 19) \cdot 6 \\ & + (204 + 120 + 139) \cdot 1 + (20 + 86 + 24) \cdot 1] = 35838 \text{ чел} \cdot \text{ч}. \end{aligned}$$

Определяем плановую численность производственных рабочих

$$M = \frac{\alpha \cdot T_H}{D_p \cdot k_{п.в.}}, \quad (4.47)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий выполнение внеплановых работ.

Принимаем  $\alpha = 1,5$ ;

$D_p$  - номинальный годовой фонд времени одного рабочего;

$$D_p = 8 \cdot (365 - В - П - О) \cdot k_{п.}, \quad (4.48)$$

где В – количество выходных дней в планируемом году. В = 104 дня;

П – количество праздничных дней. П = 8 дней;

О – средняя продолжительность отпуска. О = 30 дней;

$k_{п.}$  – коэффициент, учитывающий потери времени рабочего по уважительной причине.  $k_{п.} = 0,95$ .

$$D_p = 8 \cdot (365 - 104 - 8 - 30) \cdot 0,95 = 1694,8 \text{ ч}.$$

$k_{п.в.}$  - коэффициент выполнения норм выработки рабочим.  $k_{п.в.} = 1,15$ .

$$M = \frac{1,5 \cdot 35838}{1694,8 \cdot 1,15} = 27,6 \approx 28 \text{ чел.}$$

Ориентировочный штат ремонтных рабочих по профессиям приводим в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Ориентировочный штат ремонтных рабочих

Профессии	Штат рабочих	
	%	чел.
1.Слесари и электрослесари, чел.	50	14
2.Токари – станочники, чел.	16,7	5
3.Электрогазосварщики	16,7	5
4.Прочие (разметчики, контролеры и т.д.), чел.	8,3	2
	8,3	2

Определяем численность вспомогательных и подсобных рабочих

$$M_B = M \cdot 0,12, \quad (4.49)$$

$$M_B = 28 \cdot 0,12 = 3,36 \approx 4 \text{ чел.}$$

Рассчитываем численность инженерно-технических работников

$$M_{И} = (M + M_B) \cdot 0,07, \quad (4.50)$$

$$M_{И} = (28 + 4) \cdot 0,07 = 2,24 \approx 3 \text{ чел.}$$

Определяем численность счетно–нормировочного состава

$$M_c = (M_B + M + M_{И}) \cdot 0,05, \quad (4.51)$$

$$M_c = (4 + 28 + 3) \cdot 0,05 = 2 \text{ чел.}$$

Определяем численность младшего обслуживающего персонала

$$M_M = (M_B + M + M_{И} + M_C) \cdot 0,03, \quad (4.52)$$

$$M_M = (4 + 28 + 3 + 2) \cdot 0,03 = 1 \text{ чел.}$$

#### 4.6 Расчет станочного оборудования

Определяем количество станков

$$N_{\text{ст}} = \frac{\delta \cdot \alpha \cdot T_n}{m \cdot D \cdot k_u}, \quad (4.53)$$

где  $\delta$  - коэффициент станочных работ.  $\delta = 0,35$ ;

$m$  - число смен работы станков в сутки.  $m=2$ ;

$D$  - годовой фонд времени одного станка.  $D = 2040$  час.;

$k_u$  - коэффициент использования станков в течении смены.  $k_u = 0,65$ .

$$N_{\text{ст}} = \frac{0,35 \cdot 1,7 \cdot 35838}{2 \cdot 2040 \cdot 0,65} \approx 8,04 \text{ шт.} \approx 8 \text{ шт.}$$

Рассчитанное оборудование заносим в таблицу 4.4 с указанием количества, приближенным соотношением, типов и марок станков.

Таблица 4.4 – Расчет станочного оборудования

Тип станка	Количество станков	
	%	шт.
1.Токарно – винторезный	25	2
2.Сверлильный	25	2
3.Строгальный	25	2
4.Зуборезный	25	2

#### 4.7 Проектирование ремонтной базы

##### 4.7.1. Расчет производственных помещений



Расчет производственных площадей в зависимости от типа ремонтного предприятия, объёма ремонтных работ проводят следующими способами: по рассчитанному станочному оборудованию, по количеству производственных рабочих и по площади пола, занятой оборудованием.

Производственные площади механического цеха определяют по расчетному станочному оборудованию

$$F = \sum N_{\text{ст}} \cdot f_0, \quad (4.54)$$

где  $N_{\text{ст}}$  - количество оборудования определённого типа;

$f_0$  - удельная площадь, приходящаяся на единицу оборудования.

$$F = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 25 + 2 \cdot 25 + 2 \cdot 25 = 210 \text{ м}^2.$$

В удельной площади, приходящейся на единицу оборудования, кроме площади станка, учтены: рабочее место станочника, площадка для установки инструментального шкафа, стеллажей для деталей, простейших подъёмно-транспортных устройств, проходы и проезды между станками.

Площади остальных производственных цехов и отделений,  $\text{м}^2$

$$F = F_i \cdot K_i,$$

где  $F_i$  – площадь  $i$  – го производственного цеха;

$K_i$  – переходный коэффициент  $i$  – го производственного цеха ;

Площадь участка разборки оборудования,

$$F_{\text{РО}} = F_{\text{РО}} \cdot K_{\text{РО}} = 20 \cdot 4 = 80 \text{ м}^2.$$

Площадь отделения мойки деталей,

$$F_{\text{ОМ}} = F_{\text{ОМ}} \cdot K_{\text{ОМ}} = 20 \cdot 3 = 60 \text{ м}^2.$$

Площадь отделения сортировки,

$$F_{\text{ОС}} = F_{\text{ОС}} \cdot K_{\text{ОС}} = 15 \cdot 2 = 30 \text{ м}^2.$$

Площадь испытательного отделения,

$$F_{\text{ИО}} = F_{\text{ИО}} \cdot K_{\text{ИО}} = 25 \cdot 4 = 100 \text{ м}^2.$$

Площадь отделения ремонта электрооборудования,

$$F_{\text{ОЭ}} = F_{\text{ОЭ}} \cdot K_{\text{ОЭ}} = 15 \cdot 5 = 75 \text{ м}^2.$$

Площадь отделения ремонта корпусных деталей и рам,

$$F_{OK} = F_{OK} \cdot K_{OK} = 20 \cdot 3,5 = 70 \text{ м}^2.$$

Площадь цеха сборки машин и агрегатов,

$$F_C = F_C \cdot K_C = 20 \cdot 4 = 80 \text{ м}^2.$$

Площадь малярного отделения,

$$F_M = F_M \cdot K_M = 40 \cdot 2 = 80 \text{ м}^2.$$

Площадь кузнечно-прессового отделения,

$$F_{KP} = F_{KP} \cdot K_{KP} = 24 \cdot 3,5 = 84 \text{ м}^2.$$

Площадь термического отделения,

$$F_{TO} = F_{TO} \cdot K_{TO} = 24 \cdot 3 = 72 \text{ м}^2.$$

Площадь электрогазосварочного отделения,

$$F_{ЭГ} = F_{ЭГ} \cdot K_{ЭГ} = 25 \cdot 5 = 125 \text{ м}^2.$$

Общая площадь производственных помещений,

$$F_O = F_{MO} + \sum_{i=1}^{12} S_i = 210 + 80 + 60 + 30 + 100 + 75 + 70 + 80 + 80 + 84 + 72 + 125 = 1066 \text{ м}^2,$$

Рассчитываем общую площадь ремонтной базы

$$F_{\text{общ}} = F + F_B + F_a + F_6, \quad (4.55)$$

где  $F_B$  – площадь вспомогательных помещений;

$$F_B = (0,2 \dots 0,25) \cdot F, \quad (4.56)$$

$$F_B = 0,25 \cdot 1066 = 266,5 \text{ м}^2.$$

$F_a$  - площадь административных помещений;

$$F_a = 0,06 \cdot F, \quad (4.57)$$

$$F_a = 0,06 \cdot 1066 = 63,96 \text{ м}^2.$$

$F_6$  - площадь бытовых помещений;

$$F_6 = 0,15 \cdot F, \quad (4.58)$$

$$F_6 = 0,15 \cdot 1066 = 159,9 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{общ}} = 1066 + 265,5 + 63,96 + 63,96 = 1608 \text{ м}^2.$$

Принимаем ремонтную базу  $36 \times 48 = 1728 \text{ м}^2$ .

#### **4.7.2 Выбор схемы ремонтной базы**

Схемы, конструкции и размеры производственных машиностроительных зданий унифицированы и регламентируются нормами Госстроя СН-118-68. Эти нормы применяют и для проектирования ремонтных предприятий.

Унифицированные здания предусматривают блочное размещение цехов и отделений предприятия, как правило, в одном многопролётном здании. Такое размещение цехов и отделений значительно снижает стоимость строительства и эксплуатации зданий, улучшает условия маневрирования при перепланировке производства.

Здания в плане должны быть близкими к квадрату или короткому прямоугольнику. В этом случае при одной и той же площади периметр здания является минимальным.

В соответствии с рассчитанной общей площадью ремонтной базы и площадями цехов и отделений определяется длина и ширина здания таким образом, чтобы они были кратны шагу колонн.

В связи с производственной необходимостью схема производственного потока ремонта принимается прямоточная, без встречных и перекрестных грузопотоков.

Все цехи и отделения ремонтного предприятия делятся на зоны:

1. Зона разборки. В неё входят участки: разборки и мойки оборудования, отделение сортировки, склад деталей.

2. Зона сборки. В неё входят: отделение комплектовки, цех сборки машин и агрегатов.

3. Зона холодной обработки. В неё входит отделение ремонта электрооборудования и корпусных деталей.

4. Зона сварки, в которую входит электрогазосварочное отделение;

5. Зона вспомогательных цехов и служб: инструментальное и заточное отделения, склады и компрессорная станция;

6. Зона движения грузопотоков;

7. Зона административных помещений;

8. Зона бытовых помещений.

Зоны 7 и 8 располагаются на верхних этажах в торцевой (или продольной) части здания.

Технологическая схема ремонтной базы предприятия с прямолинейной зоной движения грузопотоков приведена на рисунке 4.1.

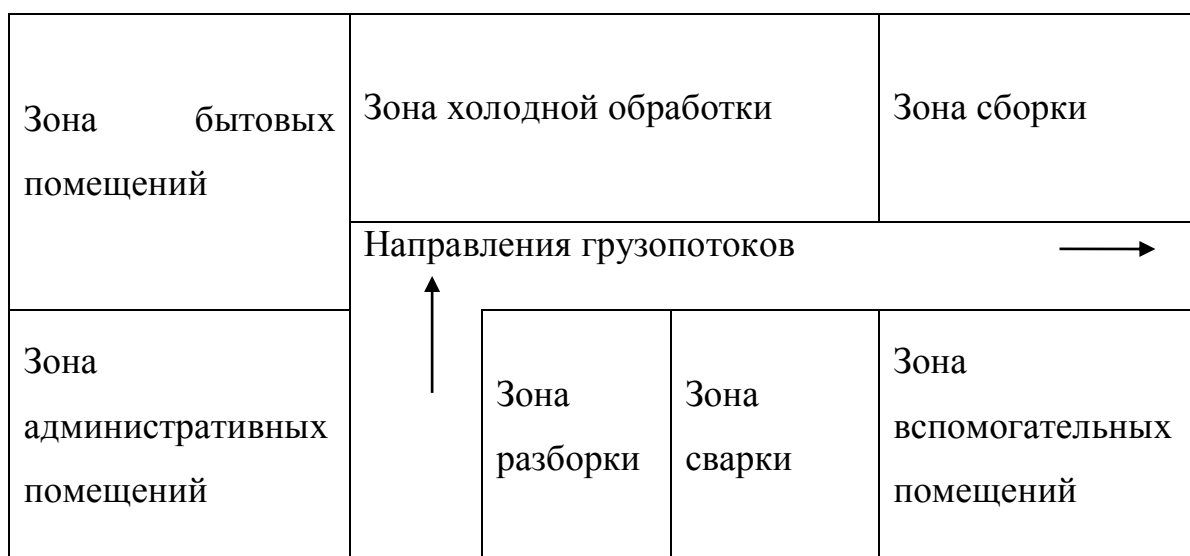


Рисунок 4.1 - Технологическая схема

#### 4.7.3 Определение параметров пролета здания ремонтной базы

Основными параметрами пролета здания являются:

- ширина пролета  $L$ . Принимаем  $L=12\text{м}$ ;
- шаг колонн  $t$  в направлении продольной оси пролета. Принимаем  $t=6\text{м}$ ;
- сетка колонн  $L \times t$ ;
- высота пролета  $H$  - расстояние от пола до нижней части несущих конструкций перекрытия;
- строительная высота  $H_C$ ;
- длина пролета  $S$  - расстояние между осями крайних колонн здания в направлении продольной оси пролета.

Определяем высоту до подкрановых путей

$$H_1 = A_1 + B + D, \quad (4.59)$$

- где  $A_1$  – максимальная высота станка, принимаем  $A_1 = 3 \text{ м}$ ,  
 $B$  – зазор между станками и краном, принимаем  $B = 4 \text{ м}$ ,  
 $D$  – габаритная высота кабины крана, принимаем  $D = 2 \text{ м}$ .

$$H_1 = 3 + 4 + 2 = 9 \text{ м}$$

Принимаем высоту для подкрановых путей  $H_1 = 9,65 \text{ м}$

Находим высоту пролета

$$H = H_1 + h, \quad (4.60)$$

- где  $h$  – расстояние от рельсовых путей до нижней части фермы, принимаем  $h = 3 \text{ м}$ .

$$H = 9,65 + 3 = 12,65 \text{ м},$$

Принимаем высоту пролета  $H = 12,6 \text{ м}$ .

Рассчитываем строительную высоту

$$H_C = H + a, \quad (4.61)$$

- где  $a$  – высота фермы. Принимаем  $a=2 \text{ м}$ .

$$H_C = 12,6 + 2 = 14,6 \text{ м}.$$

Определяем длину пролета,

$$S = t \cdot n, \quad (4.62)$$

где  $n$  – число шагов колонн.  $n = 8$  шт.

$$S = 6 \cdot 8 = 48 \text{ м.}$$

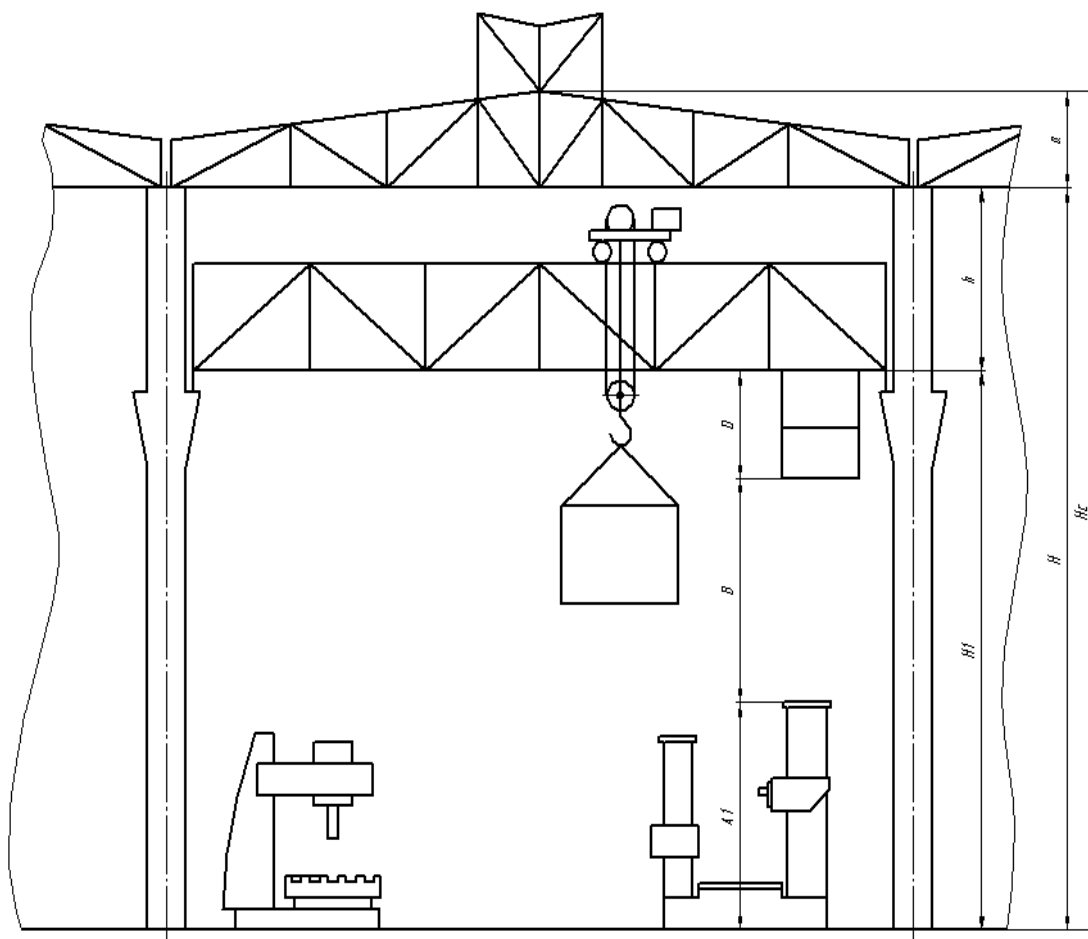


Рисунок 4.2 - Основные параметры пролёта здания

#### 4.7.4 Управление механической службы

Управление механической службой осуществляет главный механик, который отвечает за безотказную работу, своевременное техническое обслуживание и ремонт всего технологического оборудования на предприятии.

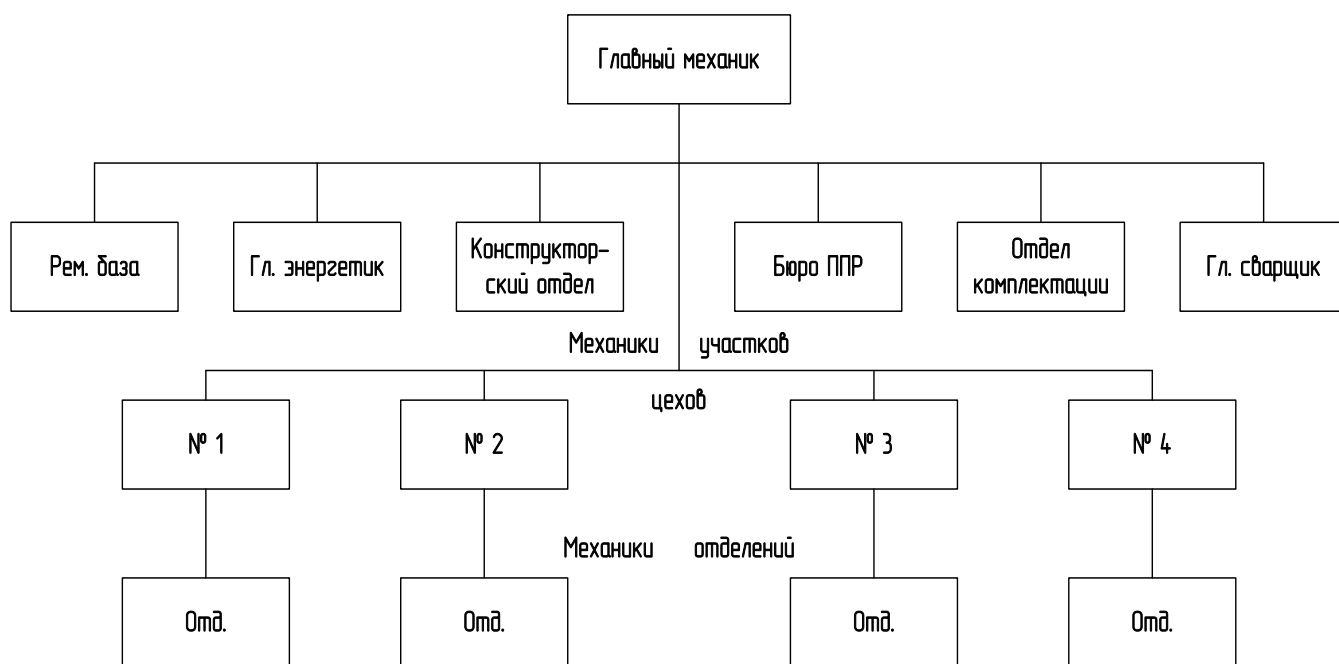


Рисунок 4.3 – Типовая структура механической службы предприятий

## 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 5.1 Сетевая модель выполнения работ

Применение сетевой модели планирования и управления позволит рационально распределить время по видам работ и написать дипломную работу в установленные учебным графиком сроки. В таблице 5.1 приведен перечень работ.

Таблица 5.1

Код работ ы	Наименование работы	Код событ ия	Наименование события	Продо лжител ьность работ, дн.
1-2	Литературный и патентный анализ	2	Литература собрана, патенты найдены	2
2-3	Подбор графического материала	3	Графический материал подобран	6
2-7	Выполнение главы №1 «Промышленные отходы горно- металлургического комплекса»	7	Глава №1 выполнена и подписана руководителем	4
3-4	Выполнение главы №2 «Процессы и параметры движения гидросмесей трубопроводного транспорта»	4	Глава №2 выполнена и подписана руководителем	4
4-5	Выполнение главы №3	5	Глава №3 выполнена и	6



	«Транспортирование гидросмесей»		подписана руководителем	
5-6	Выполнение главы №4 «Безопасность жизнедеятельности»	6	Глава №4 выполнена и подписана консультантом	2
6-7	Выполнение главы №5 «Экономическая часть»	7	Глава №5 выполнена и подписана консультантом	1
7-8	Оформление пояснительной записки и графической части	8	Оформление пояснительной записки и графической части закончено	4
8-9	Утверждение дипломной работы у зав. кафедрой	9	Работа утверждена,	1

На основе данных (таблица 5. 1) строим сетевой график (рисунок 5.1)

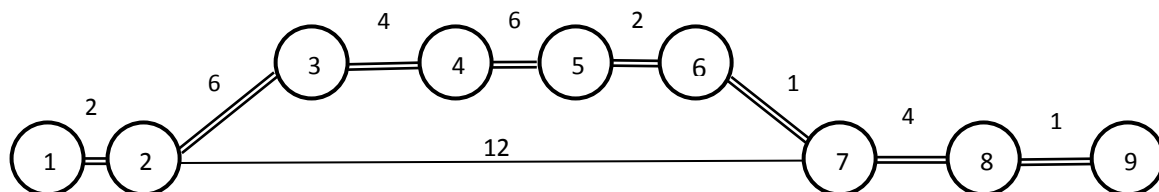


Рисунок 5.1 – Сетевой график процесса выполнения дипломной работы

На сетевом графике (рисунок 5.1) два пути. Критический путь равен 26 дням.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Целью данной дипломной работы являлось изучение проблемы транспортирования по трубопроводу неньютоновских жидких сред, рассмотрение решений по повышению эффективности транспортирования сложноструктурированных тонкодисперсных смесей путем механической активации потока.

Для этих целей мы создали лабораторную установку активатора жидких сред бесприводного типа и опытным путем убедились в эффективности данной установки, получили основные характеристики работы и на опыте увидели реологическую картину тонкодисперсных жидких смесей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортные машины: учебник для вузов/ В. И. Галкин, Е. Е. Шешко -М.: Горная книга МГГУ, 2010 -588 с.
2. Расчет средств непрерывного транспорта / В. Д. Черненко Санкт-Петербург: Политехника, 2008 -386 с.
3. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины -М.: Машиностроение, 1983. 487 с.
4. Кружков В.А. Металлургические подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов.-2-е изд.,перераб.и доп.- М.:Металлургия,1989.-462 с.
5. Шеффлер М., Пайер Г., Курт Ф. Основы расчета и конструирования транспортных машин. Пер. с нем. –М.: Машиностроение, 1980. 255 с.
6. Гришко, А.П., Стационарные машины и установки / Гришко А.П., Шелоганов В.И. –М.: Горная книга, 2007. –475 с.
7. Трубопроводный транспорт. /Т.7.ВИНИТИ. -М: 1978. 118 с.
8. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт (элементы теории и основы расчета). -М.: Наука, 1970. 189 с.
9. Проскуряков П.А. Исследование гидравлических сопротивлений при трубопроводном гидротранспорте. -Л.: ЛТА. 1973.210 с.
- 10.Монин А.С.Дглом А.М. Статистическая гидромеханика.-М.: Наука.1985.610 с.
11. Карасик В.М. и др. Интенсификация гидротранспорта продуктов и отходов обогащения горнообогатительных комбинатов.-Киев.: Наукова думка.1976. 156 с.
12. Смолдырев А.Е., Сафонов Ю.К. Трубопроводный транспорт концентрированных гидросмесей. -М.:Машиностроение. 1973. 204

с.

13. Андреев С.Е., Товаров В.В. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. – Металлургиздат, М., 1967. 177 с.
14. Волорович М.П. Исследование реологических дисперсных систем. – Коллоидный журнал, 1984, т. X, вып. 3.
15. Дмитриев Г.П., Смолдырев А.Е. Гидротранспорт руд и концентратов. – М.: 1988, 160 с.
16. Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. – М.: Недра, 1985. 235 с.
17. Электронный ресурс: [<http://allpatents.ru/patent/2314149.html>].  
Патент 2314149. Авторы: Ежков Александр Викторович, Ежков Александр Александрович, Арсеньев Дмитрий Викторович, Цыцаркин Анатолий Федорович.
18. Электронный ресурс: [<http://www.freepatent.ru/patents/2414287>].  
Патент 2414287. Авторы: Николаев Евгений Анатольевич, Шулаев Николай Сергеевич, Афонасенко Виталий Геннадьевич, Иванов Сергей Петрович, Боев Евгений владимирович.
19. Электронный ресурс: [<http://www.freepm.ru/Models/128516>].  
Патент 128516. Авторы: Лозовая Светлана Юрьевна, Ермолаева Алина Викторовна, Владимиров Валерий Вадимович.

Приложение А – Годовой график ППР на 2017 год

№ п/п	оборудование	1 кв.				2 кв.				3 кв.				4 кв.				Кол. и продолж. ремонтов			Общая продол ж. ремонто в, ч
		январь	февраль	март	простои	апрель	май	июнь	простои	июль	август	сентябрь	простои	октябрь	ноябрь	декабрь	простои	ТО	Т	К	
1	Сгуститель Ц-25	$\frac{ТО}{4}$ -	- $\frac{Т1}{12}$	$\frac{ТО}{4}$ -	$\frac{-}{8}$ $\frac{-}{12}$	- $\frac{Т2}{24}$	$\frac{ТО}{4}$ -	- $\frac{Т1}{12}$	$\frac{-}{4}$ $\frac{-}{36}$	$\frac{ТО}{4}$ -	- $\frac{Т1}{12}$	$\frac{ТО}{4}$ -	$\frac{-}{8}$ $\frac{-}{12}$	- $\frac{Т2}{24}$	$\frac{ТО}{4}$ -	- $\frac{Т1}{12}$	$\frac{-}{4}$ $\frac{-}{36}$	$\frac{6}{24}$	$\frac{6}{96}$	-	120
2	Флотационная машина	$\frac{ТО}{8}$ -	- -	$\frac{ТО}{8}$ -	$\frac{-}{16}$ -	$\frac{ТО}{8}$ -	$\frac{ТО}{8}$ -	- $\frac{Т1}{36}$	$\frac{-}{16}$ $\frac{-}{36}$	$\frac{ТО}{8}$ -	$\frac{ТО}{8}$ -	- $\frac{Т2}{48}$	$\frac{-}{16}$ $\frac{-}{48}$	$\frac{ТО}{8}$ -	- $\frac{Т1}{36}$	- -	$\frac{-}{8}$ $\frac{-}{36}$	$\frac{7}{56}$	$\frac{3}{120}$	-	176
3	Флотационная машина	$\frac{ТО}{8}$ -	$\frac{ТО}{8}$ -	-	$\frac{-}{16}$ -	$\frac{ТО}{8}$ -	- $\frac{Т1}{36}$	$\frac{ТО}{8}$ -	$\frac{-}{16}$ $\frac{-}{36}$	$\frac{ТО}{8}$ -	- $\frac{Т2}{48}$	$\frac{ТО}{8}$ -	$\frac{-}{16}$ $\frac{-}{48}$	$\frac{ТО}{8}$ -	- -	- -	$\frac{-}{8}$ $\frac{-}{36}$	$\frac{7}{56}$	$\frac{3}{120}$	-	176

				-												$\frac{T1}{36}$					
4	Флотационная машина	$\frac{TO}{8}$	-	$\frac{TO}{8}$	$-\frac{1}{16}$	$\frac{TO}{8}$	$\frac{TO}{8}$	-	$-\frac{1}{16}$	$\frac{TO}{8}$	$\frac{TO}{8}$	-	$-\frac{1}{16}$	$\frac{TO}{8}$	-	-	$-\frac{1}{8}$	$\frac{7}{56}$	$\frac{3}{120}$	-	176
		-	-	-	-	-	-	$\frac{T1}{36}$	$-\frac{1}{36}$	-	-	$\frac{T2}{48}$	$-\frac{1}{48}$	-	$\frac{T1}{36}$	-	$-\frac{1}{36}$				
5	Флотационная машина	$\frac{TO}{8}$	$\frac{TO}{8}$	-	$-\frac{1}{16}$	-	$\frac{TO}{8}$	$\frac{TO}{8}$	$-\frac{1}{16}$	$\frac{TO}{8}$	-	$\frac{TO}{8}$	$-\frac{1}{16}$	$\frac{TO}{8}$	-	-	$-\frac{1}{8}$	$\frac{7}{56}$	$\frac{3}{120}$	-	176
		-	-	-	-	$\frac{T1}{36}$	-	-	$-\frac{1}{36}$	-	$\frac{T2}{48}$	-	$-\frac{1}{48}$	-	$\frac{T1}{36}$	-	$-\frac{1}{36}$				
6	Флотационная машина	$\frac{TO}{8}$	-	$\frac{TO}{8}$	$-\frac{1}{16}$	$\frac{TO}{8}$	$\frac{TO}{8}$	-	$-\frac{1}{16}$	$\frac{TO}{8}$	$\frac{TO}{8}$	-	$-\frac{1}{16}$	-	-	$\frac{TO}{8}$	$-\frac{1}{8}$	$\frac{7}{56}$	$\frac{3}{120}$	-	176
		-	-	-	-	-	-	$\frac{T1}{36}$	$-\frac{1}{36}$	-	-	$\frac{T2}{48}$	$-\frac{1}{48}$	$\frac{T1}{36}$	-	-	$-\frac{1}{36}$				

7	Флотационная машина	$\frac{TO}{8}$ -	$\frac{TO}{8}$ -	- $\frac{T1}{36}$	$-\frac{1}{16}$ $-\frac{1}{36}$	$\frac{TO}{8}$ -	- -	$\frac{TO}{8}$ -	$-\frac{1}{16}$ -	$\frac{TO}{8}$ -	- $\frac{T2}{48}$	$\frac{TO}{8}$ -	$-\frac{1}{16}$ $-\frac{1}{48}$	$\frac{TO}{8}$ -	- $\frac{T1}{36}$	- -	$-\frac{1}{8}$ $-\frac{1}{36}$	$\frac{7}{56}$	$\frac{3}{120}$	-	176
8	Флотационная машина	$\frac{TO}{8}$ -	- -	$\frac{TO}{8}$ -	$-\frac{1}{16}$ -	$\frac{TO}{8}$ -	- $\frac{T1}{36}$	$\frac{TO}{8}$ -	$-\frac{1}{16}$ $-\frac{1}{36}$	$\frac{TO}{8}$ -	$\frac{TO}{8}$ -	- $\frac{T2}{48}$	$-\frac{1}{16}$ $-\frac{1}{48}$	- -	$\frac{TO}{8}$ -	- $\frac{T1}{36}$	$-\frac{1}{8}$ $-\frac{1}{36}$	$\frac{7}{56}$	$\frac{3}{120}$	-	176
9	Центрифуга	$\frac{TO}{2}$ -	- $\frac{T}{6}$	$\frac{TO}{2}$ -	$-\frac{1}{4}$ $-\frac{1}{6}$	$\frac{TO}{2}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	- -	$-\frac{1}{4}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	$-\frac{1}{6}$ -	- $\frac{T}{6}$	$\frac{TO}{2}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	$-\frac{1}{4}$ $-\frac{1}{6}$	$\frac{9}{18}$	$\frac{2}{12}$	-	30
10	Насос 200ZJ-I-A73	$\frac{TO}{4}$ -	-	-	$-\frac{1}{4}$	$\frac{TO}{4}$ -	$\frac{TO}{4}$ -	-	$-\frac{1}{8}$	$\frac{TO}{4}$ -	-	-	$-\frac{1}{4}$	-	$\frac{TO}{4}$ -	$\frac{TO}{4}$ -	$-\frac{1}{8}$	$\frac{6}{24}$	$\frac{3}{72}$	-	96

			-	$\frac{T}{24}$	$\frac{-}{24}$			-	-		$\frac{T}{24}$	-	$\frac{-}{24}$	$\frac{T}{24}$			$\frac{-}{24}$				
11	Насос 200ZJ-I-A73	$\frac{TO}{4}$	-	-	$\frac{-}{4}$	$\frac{TO}{4}$	$\frac{TO}{4}$	-	$\frac{-}{8}$	$\frac{TO}{4}$	-	-	$\frac{-}{4}$	$\frac{TO}{4}$	-	$\frac{TO}{4}$	$\frac{-}{8}$	$\frac{6}{24}$	$\frac{3}{72}$	-	96
		-	$\frac{T}{24}$	-	$\frac{-}{24}$	-	-	-	-	-	$\frac{T}{24}$	-	$\frac{-}{24}$	-	$\frac{T}{24}$	-	$\frac{-}{24}$				
12	Бункер загрузочный	$\frac{TO}{6}$	-	$\frac{TO}{6}$	$\frac{-}{12}$	$\frac{2TO}{6}$	-	$\frac{2TO}{6}$	$\frac{-}{24}$	$\frac{2TO}{6}$	-	$\frac{2TO}{6}$	$\frac{-}{24}$	-	$\frac{2TO}{6}$	-	$\frac{-}{12}$	$\frac{12}{72}$	$\frac{5}{80}$	-	152
		-	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{-}{16}$	-	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{-}{16}$	-	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{-}{16}$	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{T}{16}$	$\frac{-}{32}$				
13	Бункер загрузочный	$\frac{TO}{6}$	-	$\frac{TO}{6}$	$\frac{-}{12}$	$\frac{2TO}{6}$	-	$\frac{2TO}{6}$	$\frac{-}{24}$	$\frac{2TO}{6}$	-	$\frac{2TO}{6}$	$\frac{-}{24}$	$\frac{2TO}{6}$	-	-	$\frac{-}{12}$	$\frac{12}{72}$	$\frac{5}{80}$	-	152
		-	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{-}{16}$	-	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{-}{16}$	-	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{-}{16}$	$\frac{T}{16}$	$\frac{T}{16}$	-	$\frac{-}{32}$				



14	Бункер загрузочный	$\frac{TO}{6}$ -	$\frac{TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{-}{12}$ $\frac{-}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ $\frac{T}{16}$	- -	$\frac{2TO}{6}$ -	$\frac{-}{24}$ $\frac{-}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	- -	$\frac{2TO}{6}$ $\frac{T}{16}$	$\frac{-}{24}$ $\frac{-}{16}$	- $\frac{T}{16}$	- -	$\frac{2TO}{6}$ $\frac{T}{16}$	$\frac{-}{12}$ $\frac{-}{32}$	$\frac{12}{72}$	$\frac{5}{80}$	-	152
15	Бункер загрузочный	$\frac{TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{TO}{6}$ -	$\frac{-}{12}$ $\frac{-}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	$\frac{2TO}{6}$ $\frac{T}{16}$	- -	$\frac{-}{24}$ $\frac{-}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ $\frac{T}{16}$	- -	$\frac{2TO}{6}$ -	$\frac{-}{24}$ $\frac{-}{16}$	- -	$\frac{2TO}{6}$ $\frac{T}{16}$	- $\frac{T}{16}$	$\frac{-}{12}$ $\frac{-}{32}$	$\frac{12}{72}$	$\frac{5}{80}$	-	152
16	Бункер загрузочный	$\frac{TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{TO}{6}$ -	$\frac{-}{12}$ $\frac{-}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	$\frac{-}{24}$ $\frac{-}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	$\frac{-}{24}$ $\frac{-}{16}$	- $\frac{T}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{-}{12}$ $\frac{-}{32}$	$\frac{12}{72}$	$\frac{5}{80}$	-	152

17	Бункер загрузочный	- $\frac{T}{16}$	$\frac{TO}{6}$ -	$\frac{TO}{6}$ -	$-\frac{1}{12}$ $-\frac{1}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	$\frac{2TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$-\frac{1}{24}$ $-\frac{1}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ -	$-\frac{1}{24}$ $-\frac{1}{16}$	- -	- $\frac{T}{16}$	$\frac{2TO}{6}$ $\frac{T}{16}$	$-\frac{1}{12}$ $-\frac{1}{32}$	$\frac{12}{72}$	$\frac{5}{80}$	-	152
18	Кран мостовой	$\frac{TO}{2}$ -	$\frac{2TO}{2}$ -	$\frac{3TO}{2}$ -	$-\frac{1}{14}$ -	$\frac{2TO}{2}$ -	$\frac{2TO}{2}$ -	$\frac{3TO}{2}$ -	$-\frac{1}{14}$ -	- $\frac{T}{24}$	$\frac{2TO}{2}$ -	$\frac{2TO}{2}$ -	$-\frac{1}{8}$ $-\frac{1}{24}$	$\frac{2TO}{2}$ -	$\frac{2TO}{2}$ -	$\frac{3TO}{2}$ -	$-\frac{1}{14}$ -	$\frac{25}{50}$	$\frac{1}{24}$	-	74
19	Вентилятор	$\frac{TO}{2}$ -	- -	$\frac{TO}{2}$ -	$-\frac{1}{4}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	- -	$\frac{TO}{2}$ -	$-\frac{1}{4}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	- -	$\frac{TO}{2}$ -	$-\frac{1}{4}$ -	$\frac{TO}{2}$ -	- $\frac{T}{48}$	$\frac{TO}{2}$ -	$-\frac{1}{4}$ $-\frac{1}{48}$	$\frac{8}{16}$	$\frac{1}{48}$	-	64

Приложение Б - График ППР на март 2017 года

№ п/п	Оборудование	Числа месяца																														Кол-во и продолж. ТО и Р			Общая продолж. рем, ч.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Т О	Т	К	
1	ККД								ТО 4																							1 4	-	-	4
2	Флотационная машина																					ТО 8										1 8	-	-	8
3	Флотационная машина																															-	-	-	-
4	Флотационная машина																					ТО 8										1 8	-	-	8







